

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки (профиль 18.03.01. «Химическая технология» («Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»))

Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
Модернизация технологической схемы стабилизации газового конденсата

**УДК 665.625.3-048.35**

**Студент**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д53	М.С Кулманакова		

**Руководитель**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	М.А. Самборская	К.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель отделения ОД ШБИП	Романова С. В	-		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Е.А. Кузьменко	К.Т.Н.		

**Томск – 2020 г.**

## Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии
P4	Разрабатывать <b>новые</b> технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, <b>проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды</b>
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, <b>выводить на рынок новые материалы</b> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.
P9	<b>Активно</b> владеть <b>иностранным языком</b> на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, <b>демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве</b> , ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Школа Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 18.03.01. «Химическая технология» (Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов)

Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_ Кузьменко Е.А.

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

**Бакалаврской работы**

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д53	Кулманаковой Марине Сергеевне

Тема работы:

<b>Модернизация технологической схемы стабилизации газового конденсата</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	<b>87-47/об От 27.03.2020</b>

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>  (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Технологическая схема и аппаратное оформление стабилизации газового конденсата, технологические режимы, контактные устройства, система автоматизированного проектирования Uni-sim Design.
---	---

<p align="center"><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p align="center"><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p align="center"><b>Технико-экономическое обоснование:</b> Эффективные технологические схемы и конструкции аппаратов для стабилизации газового конденсата.</p> <p align="center"><b>Аналитический обзор:</b> Технологии стабилизации газового конденсата. Современные САПР, технологическое проектирование ректификации с использованием САПР Unisim Design.</p> <p align="center"><b>Постановка задачи исследования.</b></p> <p align="center"><b>Экспериментальная часть:</b></p> <p align="center">Анализ схемы стабилизации, разработка моделей тарельчатых (с различными типами тарелок) и насадочных (с различными видами насадки) колонн стабилизации в САПР Unisim Design. Оптимизация технологических режимов. Выбор наиболее эффективных типов колонн.</p> <p align="center"><b>Выводы и рекомендации</b></p>
<p align="center"><b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
<p align="center"><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p align="center"><b>Раздел</b></p>	<p align="center"><b>Консультант</b></p>
<p align="center">Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p align="center">Рыжакина Татьяна Гавриловна. Доцент ОСТН ШБИП, к.э.н.</p>
<p align="center">Социальная ответственность</p>	<p align="center">Романова Светлана Владимировна. Старший преподаватель отделения ОД ШБИП</p>
<p align="center"><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	31.01.2020
--	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	М.А. Самборская	К.Т.Н.		.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д53	Кулманакова М.С.		.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСО-  
СБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д53	Кулманаковой Марине Сергеевне

Институт	ИШПР	Кафедра	ОХИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Химической технологии

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1. Потенциальные потребители результатов исследования 2. Анализ конкурентных технических решений 3. SWOT-анализ
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий
3. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИИ
4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Проведение оценки экономической эффективности исследования моделирования процесса стабилизации газового конденсата

**Перечень графического материала:**

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	31.01.2020
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д53	Кулманакова Марина Сергеевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-2Д53	Кулманаковой Марине Сергеевне

<b>Школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ОХИ</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Химическая технология

**Модернизация технологической схемы стабилизации газового конденсата**

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

1 Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

***Объект исследования** – установка стабилизации газового конденсата  
**Рабочая зона** – установка стабилизации газового конденсата.  
**Область применения** - нефтяная промышленность.*

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

**1 Правовые и организационные вопросы**

**обеспечения безопасности:**

– Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства;  
– Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.

*Правовые нормы трудового законодательства, регулирующие соблюдение безопасности при работе в производственных помещениях.  
Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020)*

**2 Профессиональная социальная безопасность:**

2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования;

2.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.

*Анализ вредных и опасных факторов:*

- вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм;
- Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования;
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека;
- отклонение показателей микроклимата;
- превышение уровня шума и вибрации;
- недостаточная освещенность рабочей зоны.

**3 Экологическая безопасность:**

*- выброс пожароопасных веществ в атмосферу;  
- отходы;*

	- разработаны решения по обеспечению экологической безопасности
<b>4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	- перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения- пожар, взрыв, выброс токсичных веществ в атмосферу; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий:

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	31.01.2020
---	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель отделения ОД ШБИП	Романова С. В			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д53	Кулманакова М.С		

## **РЕФЕРАТ**

Выпускная квалификационная работа содержит 76 с., включает 20 рисунков, 26 таблиц, 38 литературных источников.

**Ключевые слова:** фракционирование, стабилизация газового конденсата, Unisim Design, модернизация, насадочные аппараты.

**Объектом исследования** является установка стабилизации газового конденсата.

**Цель работы** – Модернизация технологической схемы стабилизации газового конденсата методом математического моделирования.

В процессе исследования была построена модель установки стабилизации газового конденсата с использованием САПР Unisim Design.

**В результате** исследования разработана модернизированная модель установки стабилизации газового конденсата с использованием САПР Unisim Design. Оптимизированы режимы работы колонны при различных типах массообменных устройств.

Использование разработанной схемы позволит повысить качество продукта или увеличить производительность установки.



## **Список обозначений и сокращений**

САПР – система автоматизированного проектирования

ВЭТТ – Высота эквивалентной теоретической тарелки

ТТ – Теоретическая тарелка

ХТС - Химико-технологическая система

## Оглавление

РЕФЕРАТ .....	8
Список обозначений и сокращений .....	9
Введение.....	12
1 Эффективные технологические схемы и конструкции аппаратов для стабилизации газового конденсата.....	13
2 Аналитический обзор.....	19
2.1 Основные схемы стабилизации газового конденсата .....	19
2.2 Основные конструкции ректификационных колонн.....	22
2.3 Современные САПР.....	26
2.3.1 Принципы работы САПР.....	26
2.3.2 Коммерческие САПР .....	27
2.3.3 Возможности Unisim Design .....	28
3 Объект и методы исследования .....	30
3.1 Постановка задачи исследования .....	32
4 Экспериментальная часть.....	34
4.1 Разработка математической модели установки стабилизации газового конденсата.....	34
4.2 Оптимизация разработанной модели .....	38
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 41	
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	41
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	41
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений .....	42
5.1.3 SWOT-анализ.....	44
5.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований .....	45
5.3 Планирование научно-исследовательских работ.....	47
5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	47
5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	48
5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования .....	49
5.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	53
5.4.1 Расчет материальных затрат НТИ .....	53
5.4.2 Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ. 53	
5.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы.....	54
5.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	56
5.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	56
5.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта ... 57	
5.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ....	57
6 Социальная ответственность .....	61
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	61
6.2 Производственная безопасность.....	62

6.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.....	63
6.2.2 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов .....	69
6.3 Экологическая безопасность.....	69
6.3.1 Воздействие установки на атмосферу.....	69
6.3.2 Воздействие установки на гидросферу .....	70
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	70
Заключение .....	73
Список использованных источников .....	74

## **Введение**

Добыча газового конденсата в России стабильно растет и достигает около 28 млн т/ год.

Мировыми лидерами по добыче газового конденсата являются Северная и Южная Америка (47 %), далее следуют страны Ближнего Востока (31 %) и Европа (11 %). Объемы производства в США достигают почти 146 млн т/год, в Саудовской Аравии 91 млн т/год, в Канаде 32,4 млн т/год. РФ находится на четвертой строчке [1].

Актуальность переработки газового конденсата в России на сегодняшний день заключается в том, что при сохранении высоких темпов производства природного газа происходит истощение запасов сеноманских газовых залежей, что приводит к необходимости перехода к освоению месторождений газоконденсатного типа [2].

Также стоит отметить, что переработка и превращение газовых конденсатов в моторные топлива, по сравнению с традиционным нефтяным сырьём гораздо легче ввиду низкого содержания серо- и азотсодержащих соединений, которые губительны как для жизни и здоровья человека, так и для каталитических процессов нефтепереработки: каталитического риформинга, гидроочистки, изомеризации и т.п.

Основное назначение установок стабилизации конденсата – обеспечение требуемых значений давления насыщенных паров путем отгонки легких фракций.

В качестве объекта исследования использовалась технологическая схема и аппаратное оформление стабилизации газового конденсата на месторождении X.

Для моделирования и расчётов технологических схем использовалась САПР Unisim Design. Использование системы автоматизированного проектирования позволяет значительно ускорить и упростить расчёты сложных технологических схем, а также принимать решения о целесообразности использования смоделированной технологической схемы без проведения эксперимента.

## **1 Эффективные технологические схемы и конструкции аппаратов для стабилизации газового конденсата**

В работе RU0002600339 представлен способ стабилизации газового конденсата, включающий сепарацию нестабильного конденсата, которую осуществляют в одну ступень в вертикальной отпарной пленочной колонне, оснащенной верхним и нижним блоками тепломассообменных элементов и зоной питания, расположенной между ними. В верхнюю часть внутреннего пространства верхнего блока тепломассообменных элементов подают нестабильный конденсат, выводят из его нижней части и направляют в зону питания. С верха колонны выводят газ выветривания, а с низа колонны выводят конденсат, который нагревают, подают в качестве теплоносителя в нижнюю часть внутреннего пространства нижнего блока тепломассообменных элементов и выводят из его верхней части в качестве товарного конденсата. Редуцированный нестабильный газовый конденсат предварительно сепарируют с получением газа сепарации, который смешивают с газом выветривания. Нагретый конденсат дополнительно сепарируют с получением товарного конденсата и газа стабилизации, который подают в низ колонны в качестве отпаривающего агента.

Преимущество данного изобретения заключается в снижении температуры точки росы по углеводородам газа выветривания, увеличении выхода товарного конденсата и исключение энергозатрат на рециркуляцию газов дегазации. Схема представлена на рисунке 1 [3].

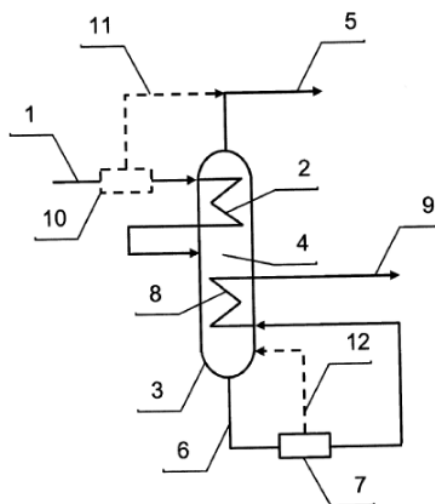


Рисунок 1. – Способ стабилизации газового конденсата по RU0002600339

В работе SU01154308 представлен способ сепарации газоконденсатной смеси, включающий снижение скорости потока газового конденсата перед вводом в сепаратор и подачу в зону снижения скорости потока стабильного конденсата. Способ отличается тем, что, с целью повышения степени сепарации, стабильный конденсат предварительно смешивают с фракцией алифатических тиоспиртов C2-C6, взятой в количестве 0,5-3,0 мас. %, и полученный продукт подают в зону снижения скорости потока в массовом соотношении полученный продукт: газовый конденсат, равном 1 [4].

Теми же авторами был представлен патент SU01765163, сущность которого заключается в том, что нестабильный газовый конденсат нагревают, подвергают сепарации с получением газовой и жидкой фаз. Жидкую фазу направляют в колонку стабилизации, в куб которой подают циркулирующую горячую струю углеводородов и водяной пар в соотношении, равном 1:140- 330, при температуре в кубе колонны 140- 170°C [5].

В публикации SU01118666 предложен способ стабилизации газового конденсата путем нагрева исходного нестабильного конденсата. С целью повышения качества целевого продукта, исходный нагретый нестабильный газовый конденсат дросселируют при перепаде давления на дросселе, равном 1-59 атм, с получением газовой и жидкой фаз и подачей последней на вторую

стадию стабилизации, на которой получают стабильный конденсат и газ. Газ, полученный на первой стадии стабилизации, барботируют через жидкую фазу на второй стадии стабилизации [6].

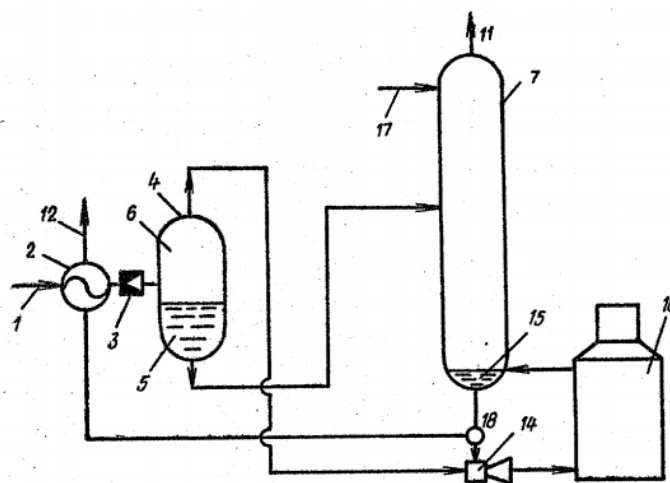


Рисунок 2. – Способ стабилизации газового конденсата по SU01118666

*1-Поток нестабильного газового конденсата, 2- рекуперативный теплообменник, 3-дрессель, 4-сепаратор, 5-жидкая фаза, 6- газовая фаза, 7-аппарат стабилизации, 9 -барботер.*

В работе RU0002477301 предложен способ переработки нестабильного газового конденсата непосредственно на месторождении.

Изобретение касается установки для переработки сырья, в качестве которого используют нестабильный газовый конденсат в смеси с попутной нефтью нефтегазоконденсатных месторождений, содержащей функциональные блоки стабилизации конденсата и фракционирования с ректификационной колонной.

Блок стабилизации конденсации содержит колонну-деэтанализатор и колонну-стабилизатор, при этом колонна-деэтанализатор посредством системы трубопроводов соединена с сепаратором, теплообменником и печью, а колонна-стабилизатор посредством системы трубопроводов в верхней части соединена с воздушным холодильником, связанным с рефлюксной емкостью, а в нижней части с печью и воздушным холодильником, причем указанные колонны соединены между собой через теплообменник, указанный блок фракционирования конденсата дополнительно содержит стриппинг-колонну,

[illegible]

В работе SU01110999 представлена установка для стабилизации газового конденсата содержащая последовательно соединенные колонну дестанизации с теплообменниками нестабильного конденсата и подогревателем, колонну стабилизации с подогревателем и конденсатором, насосы и емкости хранения углеводородных фракций.

С целью повышения степени извлечения целевых углеводов, средняя часть колонны стабилизации соединена через насос с нижним выводом емкости хранения фракции пропана и через трубопровод с регулирующим вентилем с емкостью хранения фракции бутана, при этом колонна деэтанизации снабжена конденсатором, через который верхний вывод емкости хранения фракции пропана сообщен со средней частью колонны деэтанизации. Также отличие данной установки состоит в том, что она снабжена дополнительным



теплообменником не стабильного газового конденсата, размещенным перед подогревателем колонны дезтанизации [8].

В публикации RU02202590 представлен способ разделения газового конденсата, сущность которого заключается в том, что нагретый газовый конденсат разделяют в ректификационной колонне с получением дистиллята, бокового погона и кубового остатка. Для разгрузки отгонной секции колонны часть кубового остатка с тарелки в середине секции отбирают, нагревают в печи, разделяют в сепараторе. Жидкую фазу направляют ниже точки отбора, а паровую фазу - выше точки отбора. Способ позволяет повысить четкость ректификации и производительность действующей колонны, а при проектировании за счет уменьшения диаметра колонны снизить ее металлоемкость, повысить экономичность процесса разделения [9].

В патенте США US9523055B2 предложен способ и система для переработки природного газа и разделения жидкостей природного газа на природный бензин и жидкость Y-класса (Y-класс означает, что сырье составляют смеси ШФЛУ, восстановленные после переработки, но до фракционирования, состоящие в основном из пропана и более тяжелых ШФЛУ с англ.), отвечающую техническим требованиям по низкому содержанию метана и этана. Процесс и система включают в себя боковой погон и ребойлер для отделения метана и этана от более тяжелых углеводородов, а также систему ребойлера для стабилизации газового конденсата [10]. Схема изобретения представлена на рисунке 4.

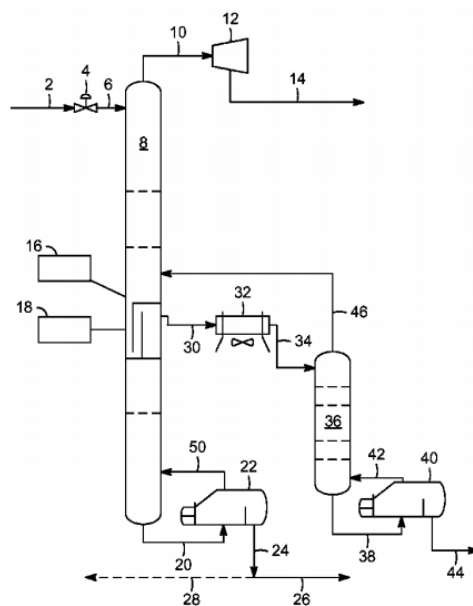


Рисунок 4. – Установка стабилизации газового конденсата по US9523055B2

Исследователями в изобретении WO2016012251A1 предложена аналогичная вышеупомянутой установка стабилизации газового конденсата с добавлением рекуперативного теплообменника перед колонной стабилизации, где осуществляется подогрев нестабильного газового конденсата поток верхнего продукта. Схема изобретения представлена на рисунке 5.

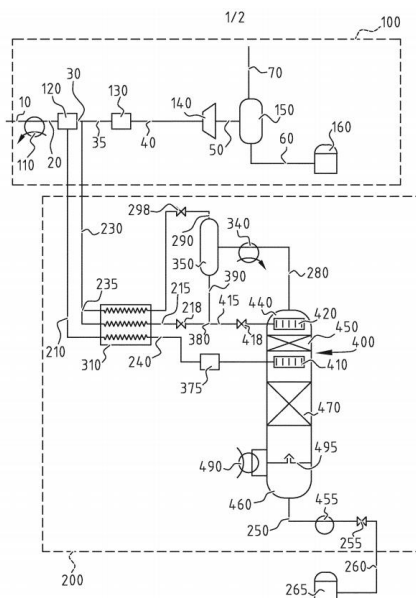


FIG. 1

Рисунок 5. – Установка стабилизации газового конденсата по WO2016012251A1

10 – поток нестабильного газового конденсата, 310 – рекуперативный теплообменник, 215 – горячий поток с верха колонны [11].

## 2 Аналитический обзор

Газовые конденсаты - жидкие смеси высококипящих углеводородов различной структуры, выделяющиеся из природных газов при их добыче на газоконденсатных месторождениях. Эти месторождения характеризуются высоким пластовым давлением (свыше 10 МПа), что позволяет высококипящим жидким углеводородам находится в газах в растворенном состоянии [12].

При транспортировке газа по трубопроводам должны соблюдаться следующие условия:

1. Во время транспортировки газы не должны вызывать коррозию трубопроводов, фитингов, приборов и т.д.
2. Качество газа должно обеспечивать его транспортировку в однофазном состоянии, т. е. в трубопроводах не должны образовываться жидкие углеводороды, газовые конденсаты и гидраты.

Для того чтобы газовые конденсаты соответствовали вышеупомянутым условиям при хранении или транспортировке, их необходимо стабилизировать [2].

Стабилизация газового конденсата – это процесс извлечения легких углеводородов из конденсата, которые в противном случае увеличивали бы давление пара при колебаниях условий.

Для стабилизации газового конденсата используются 3 метода:

1. Ступенчатое выветривание (сепарация, дегазация);
2. Стабилизация в ректификационных колоннах;
3. Комбинирование сепарации и ректификации.

### 2.1 Основные схемы стабилизации газового конденсата

#### Ступенчатое выветривание (сепарация, дегазация)

Данный метод основан на принципе поэтапного снижения давления и приращения температуры, приводящего к отделению более легких фракций газового конденсата от более тяжелых.

Стабилизация газовых конденсатов этим методом предполагает снижение растворимости низкокипящих углеводородов в конденсатах за счет повышения температуры и снижения давления.

Выбор количества ступеней процесса зависит от содержания низкокипящих углеводородов в конденсате. Чем больше их будет, тем больше стадий потребуется. Это объясняется тем, что по мере увеличения количества ступеней доля разделения на каждой из них уменьшается. Такое уменьшение доли сепарации влечет за собой уменьшение уноса конденсатных углеводородов в газовую фазу [13].

Преимущества ступенчатого выветривания:

1. Простота моделей;
2. Низкое потребление металла и энергии;

Недостатки ступенчатого выветривания:

1. Нечеткость разделения

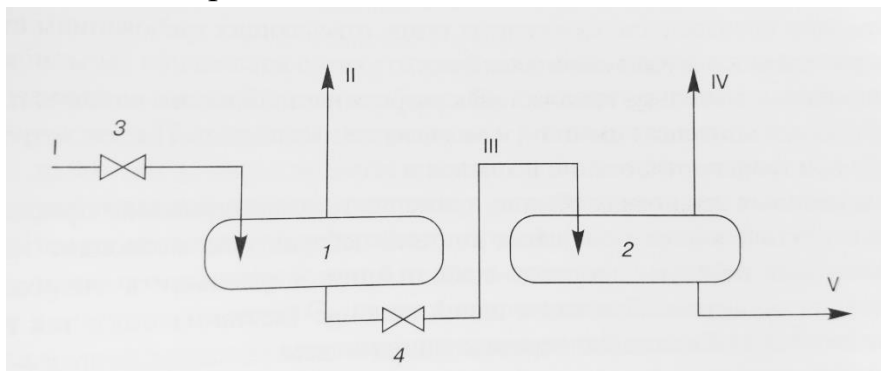


Рисунок 6. – Принципиальная схема двухступенчатой установки дегазации газового конденсата

*1,2 – Сепараторы дегазации первой и второй ступени, 3,4 – дроссельные вентили. I – нестабильный газовый конденсат, II,IV – газ выветривания (дегазации), III – полученный стабильный газовый конденсат, V – стабильные газовый конденсат.*

### Ректификация в стабилизационных колоннах

При больших объемах перерабатываемого конденсата применяют стабилизацию с использованием ректификационных колонн.

Преимущества стабилизации газовых конденсатов ректификацией:

1. Предварительное разделение и дезанизация нестабильных конденсатов при высоких давлениях способствуют извлечению газовых потоков;
2. Возможность производить сжиженные газы, соответствующие стандартным требованиям, без необходимости искусственного охлаждения;
3. Рациональное использование энергии нестабильных конденсатов;

4. Полученные коммерческие конденсаты характеризуются низким давлением насыщенного пара, что снижает его потери при транспортировке и хранении.

Недостатки стабилизации газовых конденсатов ректификацией:

1. Сложность моделей;
2. Высокое потребление металла и энергии.

На современных установках, как правило, применяют комбинирование процессов сепарации и ректификации, что позволяет обеспечить гибкость процесса [14].

Ректификация осуществляется как в одной колонне (деэтанализация), так и в двух – полная стабилизация. В первой колонне происходит извлечение этана, во второй – бутана. На некоторых установках полная стабилизация осуществляется в одной колонне.

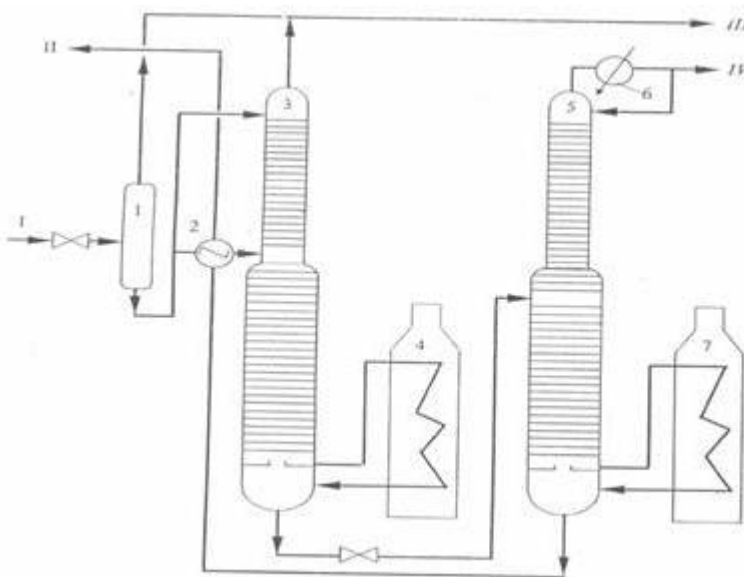


Рисунок 7. – Типовая схема стабилизации конденсата с ректификацией

*I - нестабильный конденсат; II - стабильный конденсат; III - газы стабилизации; IV - ШФЛУ*

1 - сепаратор; 2 - теплообменник; 3 - АОК; 4,7 - трубчатые печи; 5 - стабилизатор; 6 - конденсатор-холодильник

Первой ступенью стабилизации по этой схеме является дегазация конденсата в сепараторе 1. Отсепарированная жидкость из сепаратора разделяется на два потока. Один из них нагревается в теплообменнике 2 и поступает в питательную секцию абсорбционно-отпарной колонны 3 (АОК); другой в

качестве орошения подается на верхнюю тарелку АОК. Технологический режим в АОК следующий: давление 1,9-2,5 МПа; температура вверху 15-20°C, внизу - 170-180°C. Ректификатом АОК является фракция, состоящая в основном изметана и этана (III), остатком - деэтанализированный конденсат. Обычно газ сепарации из сепаратора 1 объединяют с верхним продуктом АОК и после дожатия направляют в магистральный газопровод. Деэтанализированный конденсат из АОК направляют в стабилизатор 5, работающий по схеме полной ректификационной колонны. С верха стабилизатора 5 отбирают пропан-бутановую фракцию (ПБФ) или широкую фракцию легких углеводородов (ШФЛУ) IV, а из куба колонны отводят стабильный конденсат II. Давление в стабилизаторе 5 составляет 1,0-1,6 МПа. Для подвода тепла в кубы колонн 3 и 5 используют трубчатые печи [15].

## 2.2 Основные конструкции ректификационных колонн

Ректификационные колонны отличаются, в основном, конструкцией внутреннего устройства для распределения жидкой и паровой фаз. Взаимодействие жидкости и пара осуществляется в колоннах путём барботирования пара через слой жидкости на тарелках или же путём поверхностного контакта пара и жидкости на насадке или на поверхности жидкости, стекающей тонкой плёнкой.

В ректификационных установках применяют два основных типа массообменных устройств: *тарельчатые* и *насадочные*.

### *Насадочные колонны*

Насадки, в свою очередь разделяют на структурированные и насыпные.

В классической технической литературе, как правило приведена информация таких насадках как кольца Палля, Рашига, седла Берля, хордовая насадка рис. 8 [7]. Данные насадки изготавливаются из различных материалов, таких как металл, керамика, пластик. Также отмечают, что использование насадки для колонных аппаратов нежелательно для больших диаметров аппаратов ввиду ухудшения контакта газ-жидкость за счет неравномерного распределения фаз по сечению аппарата, появлению эффекта течения жидкости по стенке аппарата и проскока газа [17].

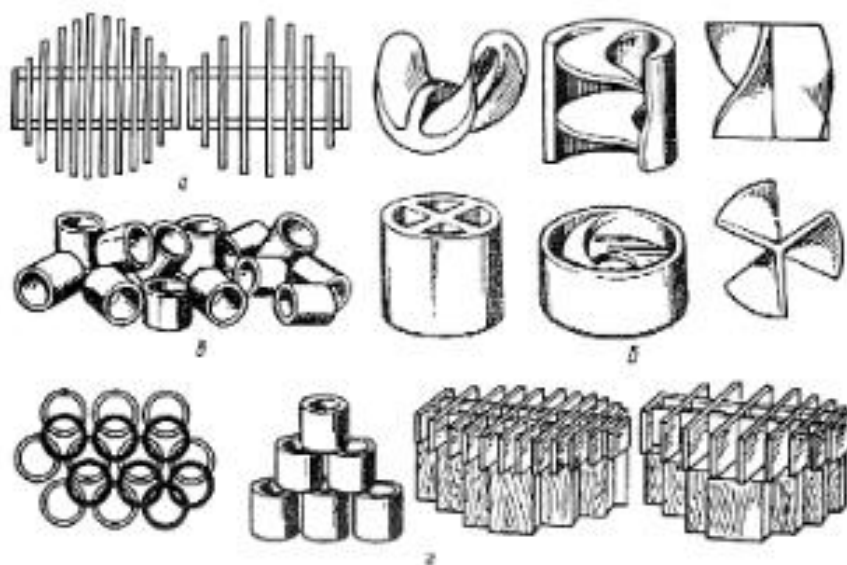


Рисунок 8. – Типы насадок

Однако, за последние десятилетия появилось большое количество структурированных насадок, которые обеспечивают высокую степень контакта газ-жидкость и обладают малым гидравлическим сопротивлением.

На рынке представлен широкий ряд производителей структурированных насадок, одним из широко-известных является фирма SULZER.

В каталоге SULZER представлен широкий выбор насадок, подходящих для различных условий проведения процесса (рисунок 9).

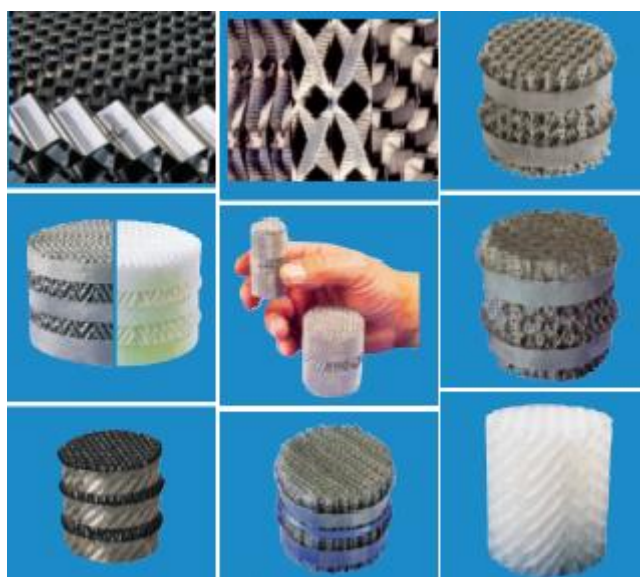


Рисунок 9. – Структурированная насадка различных типов от фирмы SULZER

Наиболее широко используемой структурированной насадкой является насадка типа Mellapack. По информации представленной в каталогах производителя данная насадка показала высокую производительность в колоннах диаметром до 15 м [18].

#### Тарельчатые колонны

Тарелки – внутренние устройства тарельчатых колонн подразделяются на *ситчатые, решетчатые, колпачковые, с S-образными элементами, клапанные*.

В нефтепереработке наиболее широкое применение нашли ситчатые, клапанные и колпачковые тарелки.

#### Ситчатые тарелки

Колонный аппарат с таким типом массообменных устройств состоит из вертикального цилиндрического корпуса с горизонтальными тарелками, в которых просверливается значительное число мелких отверстий, равномерно распределенных по всей поверхности тарелки. Для слива жидкости и регулирования ее уровня на тарелке служат переливные трубки. Нижние концы трубок погружены в стаканы на лежащих ниже тарелках и образуют гидравлические затворы. Пример ситчатой тарелки изображен на рисунке 10.

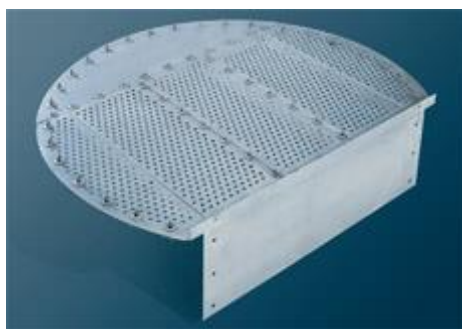


Рисунок 10. – Ситчатая тарелка

Ситчатые тарелки эффективно работают только при определенных скоростях ректификации, и регулирование режима их работы затруднительно.

Ситчатые тарелки уступают колпачковым по допустимому верхнему пределу нагрузки, при значительных нагрузках потеря напора в них больше, чем у колпачковых. При внезапном прекращении подвода пара или значительном снижении его давления тарелки ситчатой колонны полностью



опоражниваются от жидкости, и требуется заново запускать колонну для достижения заданного режима ректификации.

Очистка, промывка и ремонт ситчатых тарелок производятся относительно удобно и легко.

Чаще всего применяются колонны с колпачковыми тарелками. Колонны с ситчатыми и провальными тарелками применяются при разделении незагрязненных жидкостей в установках, работающих с постоянной нагрузкой [19].

#### Колпачковые тарелки

Колпачковые тарелки наиболее распространены в ректификационных установках. Они состоят из тарелок, на каждой из которых имеется один колпачок круглого сечения и патрубков для прохода пара. Края каждого колпачка погружены в жидкость. Благодаря этому на тарелке создается гидравлический затвор, и пар, выходящий из колпачка, должен проходить через слой жидкости, находящийся на тарелке. Колпачки имеют отверстия или зубчатые прорезы для раздробления пара на мелкие пузырьки, т.е. для увеличения поверхности его соприкосновения с жидкостью [20].

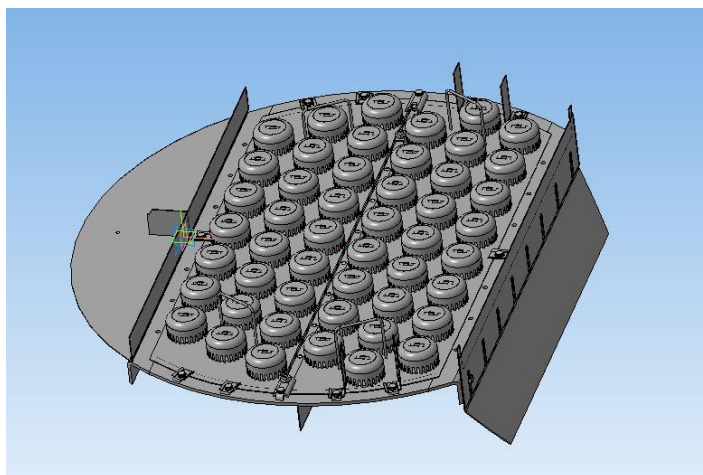


Рисунок 11. – Колпачковая тарелка

#### Клапанные тарелки

Клапанная тарелка представляет собой плоскую перфорированную пластину, каждая перфорация которой снабжена подвижным диском ("клапаном"). Клапаны будут двигаться вверх или вниз в зависимости от расхода пара.

При нормальном расходе клапан находится примерно в среднем положении. При низких скоростях испарения клапан перекрывает лист. Клапаны должны быть достаточно тяжелыми, чтобы предотвратить чрезмерное открытие при низких скоростях потока пара [20].

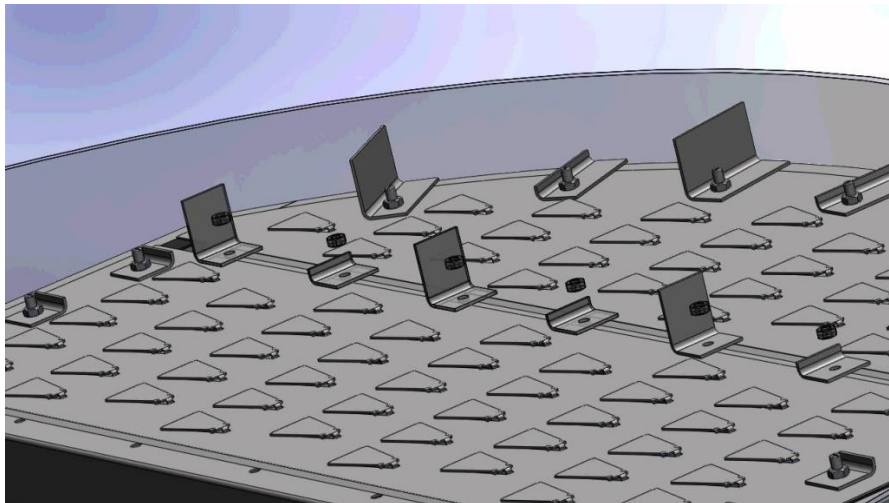


Рисунок 12. – Клапанная тарелка

## 2.3 Современные САПР

САПР (CAD или CADD) — система автоматизированного проектирования. Программный пакет, который призван создавать конструкторскую и технологическую документацию, 3D модели и чертежи.

### 2.3.1 Принципы работы САПР

В химической и нефтеперерабатывающей промышленности продукция должна удовлетворять жёстким требованиям качества и производиться с минимальными затратами. Для одновременного достижения этих целей необходимо использовать моделирование, симуляцию и инструменты оптимизации. САПР в данном случае определяется как инструмент, который решает сложные химические проблемы. Основными инструментами, используемыми САПР при расчётах и симуляциях, являются:

- термодинамические модели для расчёта равновесия систем жидкость-газ;
- база данных компонентов, которая содержит необходимые значения для расчета физических свойств и составления термодинамических моделей;
- математическая модель компонентов основной операционной единицы;

- логическая блок-схема, по которой ведутся расчёты материальных и энергетических балансов, составов потоков и термодинамических фаз;
- генератор выходных данных, который возвращает отчет о результатах расчёта или симуляции.

Все коммерческие САПР работают на основе термодинамических пакетов.

Для расчета углеводородных систем наиболее подходящим является термодинамический пакет, основанный на уравнении Пенга-Робинсона, по этой причине данный пакет будет использован в экспериментальной части.

### **2.3.2 Коммерческие САПР**

Моделирование и симуляция процессов перегонки нефти значительно упрощается с использованием специального программного обеспечения в сочетании с термодинамическими пакетами. Основными САПР в области нефтепереработки по всему миру являются Aspen Plus, Aspen HYSYS, Unisim Design и PRO / II.

САПР Aspen HYSYS и Aspen Plus используется для моделирования таких процессов, как фракционирование нефти, очистка нефти, каталитический крекинг и т.д. Многие исследователи используют данные программные пакеты для моделирования и оптимизации процессов нефтепереработки, в том числе для оптимизации процессов фракционирования. Aspen HYSYS и Aspen Plus используют также инженеры и технологи для мониторинга состояния оборудования и выявления неисправностей, для оптимизации технологических режимов. Продукты Aspen могут содержать множество дополнительных модулей и плагинов, направленных на упрощение расчёта конкретных систем или на их более глубокое и точное моделирование. Например, Aspen HYSYS Dynamics – один из дополнительных модулей Aspen HYSYS. Используется для моделирования в динамическом режиме. Данный модуль позволяет создавать нестационарные модели, а также моделировать переходные процессы. Также это средство позволяет управлять жизненным циклом технологического процесса, сокращая затраты на пусконаладочные работы и упрощая

смену сырья. Такой модуль, как Aspen EDR позволяет производить подробный расчет теплообменного оборудования, включая конструкцию аппарата [21, 22].

Еще одной САПР для процессов нефтепереработки является PRO II. Это универсальный пакет для моделирования и оптимизации технологических процессов, но может быть использован и для процессов переработки нефти. PRO II позволяет строить схемы технологического процесса, проводить расчеты насосов, тепловые балансы, рассчитывать размеры колонн и ёмкостей. Кроме того, с использованием данной САПР возможно проводить ориентировочный экономический расчёт. Однако отсутствие специализации для процессов нефтепереработки делает обращение с данной САПР менее удобным [23].

Широко используется для моделирования процессов переработки нефти САПР UniSim Design. Данная система не уступает аналогам по функционалу. UniSim Design является мощным средством для моделирования стационарных процессов. При этом, в составе UniSim Design имеется модуль для моделирования нестационарных процессов. Эта САПР также позволяет сводить материальные и тепловые балансы и сравнивать эффективность работы различных технологических схем. Для дальнейшей работы была выбрана именно эта САПР. Более подробно функционал UniSim Design рассмотрен в следующем разделе[24].

### **2.3.3 Возможности Unisim Design**

UniSim Design – это мощное программное обеспечение для моделирования процессов, которое обеспечивает моделирования стационарных и нестационарных процессов в программной среде. Он предоставляет мощные инструменты, помогающие инженерам разрабатывать проекты оптимизации процессов с меньшими проектными рисками, позволяя предотвратить неоправданные капитальные затраты.

Основные варианты использования UniSim Design Suite при моделировании процессов:

- разработка технологической схемы;
- использование инструмента кейс-сценариев для оптимизации проектов в соответствии с бизнес-критериями;
- оценка режимов работы оборудования в широком диапазоне условий эксплуатации;
- оценка влияния изменений расхода, нарушений условий эксплуатации и альтернативных операций на безопасность, надежность и прибыльность процесса;
- точный расчёт и выбор подходящего материала для различного оборудования;
- мониторинг производительности оборудования по отношению к операционным целям.

UniSim Design предлагает следующие функции:

*Простая в использовании среда Windows:* UniSim Design обеспечивает четкое и сжатое графическое представление технологических схем, предоставляя такие функции, как вырезание, копирование, вставка, автоматическое подключение и т.д.

*Комплексная термодинамика и модели работы аппаратов:* UniSim Design поддерживает моделирование процессов дистилляции, ректификации, теплообмена, сепарации и других операций как в стационарном, так и в динамическом режиме. Доказано, что эти модели обеспечивают реалистичные результаты и адекватно справляются с различными ситуациями, такими как опорожнение или переполнение сосуда, а также обратный поток.

*Совместимость с Active X:* позволяет интегрировать созданные пользователем операции с единицами оборудования, использовать собственные кинетические уравнения реакции и специализированные пакеты свойств. Также UniSim Design легко взаимодействует с такими программами, как Microsoft Excel и Visual Basic [24].

Проектирование в Unisim Design осуществляется в несколько последовательных этапов:

- Выбор веществ и уравнений для расчёта их свойств
- Формирование технологической схемы и её расчёт
- Вывод результатов

### 3 Объект и методы исследования

Объектом исследования является установка стабилизации газового конденсата, технологическая схема которой приведена на рисунке 13.

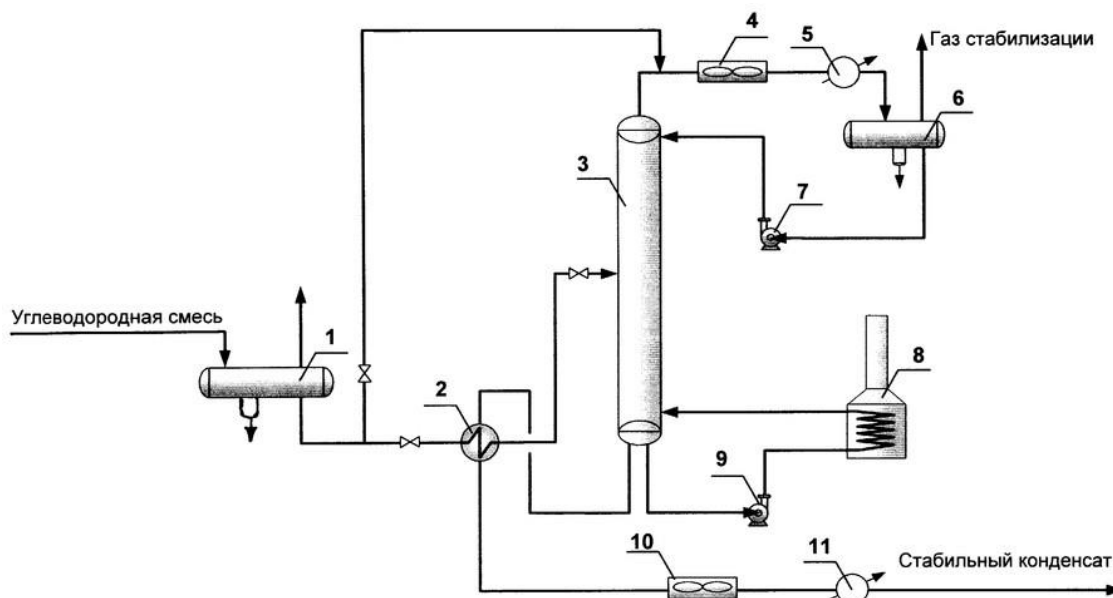


Рисунок 13. – Схема, моделируемой установки

Нестабильный газовый конденсат поступает в сепаратор 1, затем после нагрева в теплообменнике 2 до  $T = 50^{\circ}\text{C}$  в колонну стабилизации 3, где происходит отделение легких углеводородных газов, уходящих с парами дистиллята и жидкой части, отбираемой из куба колонны. Пары дистиллята после охлаждения в воздушном холодильнике 4 и теплообменнике 5 частично конденсируются в сепараторе 6. Газовая часть уходит на технологические нужды предприятия. Жидкая часть поступает на орошение колонны 3.

Отводимый с низа колонны 3 в качестве кубового продукта стабильный конденсат охлаждается в рекуперативном теплообменнике 2, воздушном холодильнике 10, водяном холодильнике 11 и выводится за пределы установки.

Достоинством схемы является высокая степень рекуперации тепла, т.к. подогрев питания колонны происходит за счет тепла кубового продукта, который затем после дополнительного охлаждения в воздушном холодильнике 10 насосом 11 направляется на склад. Такая организация процесса позволяет

исключить концевой водяной холодильник на линии готового продукта и снизить энергопотребление установки в целом.

Кроме того, в схеме отсутствует колонна деэтанзации, практически вся метан-этановая фракция отделяется в сепараторе, что позволяет снизить как капитальные вложения, так и оперативные затраты.

Ключевым аппаратом установки является ректификационная колонна от эффективности которой во многом зависит эффективность работы всей установки.

Анализ литературных данных показывает, что использование современных эффективных внутренних устройств, например, структурированных насадок типа Mellapak позволяет достигать высоких показателей качества продукта, отбираемого из массообменного аппарата.

Анализ эффективности работы контактных устройств и оптимизацию технологических режимов целесообразно выполнять с использованием современных компьютерных систем для моделирования, проектирования и оптимизации. Одной из таких систем является САПР Unisim Design.

В таблице 2 представлен усредненный состав стабильного конденсата.

Состав газовой части приведен в таблице 1.

Таблица 1. – Состав газовой части (% по массе)

Компонент	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	изо-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	н-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>
Содержание, %	5,62	1,61	0,99	0,16	0,22

Таблица 2. – Данные по составу газового конденсата

№ Фракции	Температура выкипания фракции, °C	Выход на конденсат, % масс.		Плотность г/см <sup>3</sup>	Показатель преломлен., $n_{\frac{20}{D}}$	Молекул. масса
		отдельных фракций	суммарный			
1	14-28	4,49	4,29	0,5861	-	43
2	28-40	3,57	7,86	0,6240	1,3600	65
3	40-50	1,22	9,08	0,6470	1,3695	69
4	50-60	1,22	10,30	0,6560	1,3735	72
5	60-70	6,06	16,36	0,6767	1,3835	84
6	70-80	3,76	20,12	0,7010	1,3940	96
7	80-90	3,75	23,87	0,7140	1,4000	100

№ Фракции	Температура выкипания фракции, °С	Выход на конденсат, % масс.		Плотность г/см <sup>3</sup>	Показатель преломлен., $n_{\frac{20}{D}}$	Молекул. масса
		отдельных фракций	суммар- ный			
8	90-100	6,11	29,98	0,7217	1,4040	106
9	100-110	3,17	33,15	0,7288	1,4080	110
10	110-120	6,33	39,48	0,7321	1,4100	113
11	120-130	3,30	42,78	0,7433	1,4160	116
12	130-140	3,53	46,31	0,7476	1,4190	122
13	140-150	4,34	50,65	0,7568	1,4235	129
14	150-160	4,43	55,08	0,7649	1,4280	134
15	160-170	1,81	56,89	0,7746	1,4320	137
16	170-180	2,89	59,78	0,7767	1,4335	140
17	180-190	2,67	62,45	0,7830	1,4375	151
18	190-200	2,67	65,12	0,7890	1,4410	160
19	200-210	2,85	67,97	0,7950	1,4445	167
20	210-220	2,85	70,82	0,8010	1,4480	175
21	220-230	2,04	72,86	0,8080	1,4515	183
22	230-240	2,03	74,89	0,8140	1,4545	191
23	240-250	1,97	76,86	0,8190	1,4580	199
24	250-260	1,96	78,82	0,8250	1,4610	208
25	260-270	1,51	80,33	0,8300	1,4640	216
26	270-280	1,51	81,84	0,8340	1,4660	224
27	280-290	1,50	83,34	0,8400	1,4695	232
28	290-300	1,48	84,82	0,8470	1,4720	240
29	300-310	1,48	86,30	0,8497	1,4750	248
30	310-320	1,47	87,77	0,8590	1,4805	262
31	320-330	0,47	88,24	0,8640	1,4850	272
32	330-340	0,47	88,71	0,8689	1,4860	276
33	340-350	0,46	89,17	0,8739	1,4870	280
34	474	10,83	100,00	0,9210		471

### 3.1 Постановка задачи исследования

Вопросы установления оптимальных режимов проведения процесса при сохранении высокого качества продукта актуальны для всех предприятий нефтеперерабатывающего комплекса. Установки фракционирования, как аппараты, имеющие высокую производительность, требуют особого внимания в плане оптимизации технологических параметров.

**Целью ВКР** является анализ имеющейся технологической схемы стабилизации газового конденсата с точки зрения эффективности, модернизация



конструкции ректификационной колонны и оптимизация технологических параметров для повышения эффективности работы установки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить **следующие задачи:**

1. Разработать модель технологической схемы установки стабилизации газового конденсата в САПР Unisim Design;
2. Оптимизировать режим работы колонны в САПР Unisim Design;
3. Выполнить анализ возможных путей оптимизации установки;
4. Выполнить моделирование оптимальной конструкции контактных устройств в САПР Unisim Design;
5. Выполнить моделирование оптимальной температуры процесса в САПР Unisim Design;
6. Дать рекомендации по оптимизации.

## 4 Экспериментальная часть

Разработка и оптимизация модели технологической схемы установки стабилизации газового конденсата была осуществлена в САПР Unisim Design.

Далее представлен алгоритм разработки модели.

### 4.1 Разработка математической модели установки стабилизации газового конденсата

Первоначально необходимо охарактеризовать сырье, поступающее на установку стабилизации газового конденсата. Для этого необходимо задать чистые компоненты, которые составляют газовую часть сырья, а также внести данные по разгонке через утилиту Oil Manager для создания гипотетических компонентов, которые составляют жидкую часть сырья.

Список выбранных чистых компонентов и рассчитанных гипотетических компонентов представлен на рисунке 14.

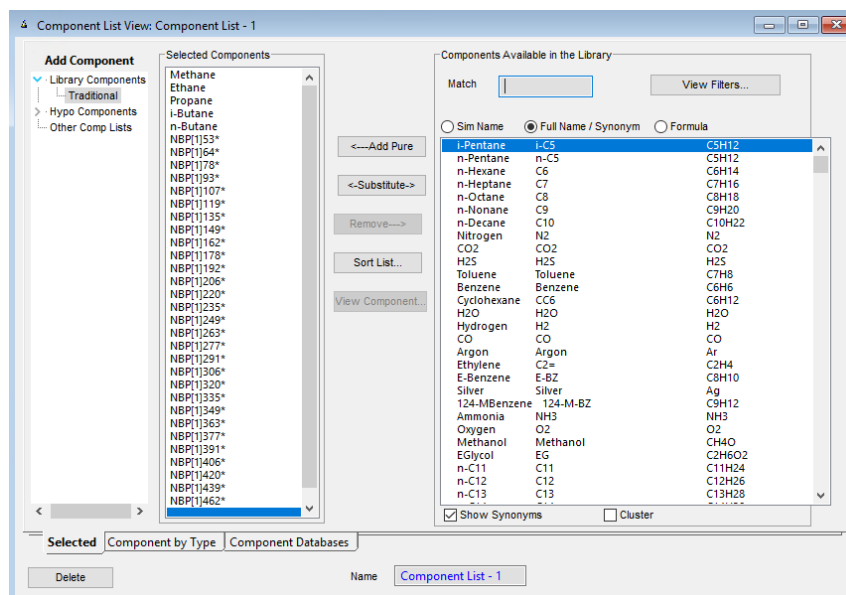


Рисунок 14. – Выбор компонентов для создания сырьевого потока

Для расчета модели был использован термодинамический пакет Peng-Robinson, как наиболее подходящий для расчета углеводородных систем.

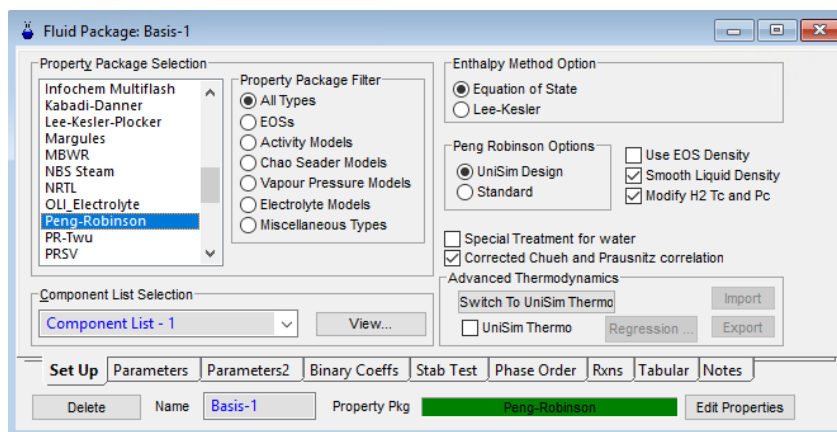


Рисунок 15. – Выбор термодинамического пакета

Далее разработка модели осуществляется в среде Simulation, где необходимо охарактеризовать материальные и тепловые потоки, а также аппараты, составляющие разрабатываемую схему.

Для инсталляции материального потока необходимо указать его компонентный состав, расход, температуру и давление. На рисунке 16 представлены характеристики сырьевого потока.

<b>Worksheet</b>	
Conditions	
Properties	
Composition	
K Value	
User Variables	
Notes	
Cost Parameters	
Stream Name	Feed
Vapour / Phase Fraction	0,4320
Temperature [C]	25,00
Pressure [kPa]	2450
Molar Flow [kgmole/h]	492,5
Mass Flow [kg/h]	6,000e+004
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	79,36
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-2,664e+005
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	150,6
Heat Flow [kJ/h]	-1,312e+008
Liq Vol Flow @Std Cond [m3/h]	79,36
Fluid Package	Basis-1
Phase Option	Multiphase

Рисунок 16. – Характеристика сырьевого потока

После создания сырьевого потока на схему выносятся необходимые аппараты, осуществляется их специфицирование. Схема разработанной модели установки стабилизации газового конденсата представлена на рисунке 17.

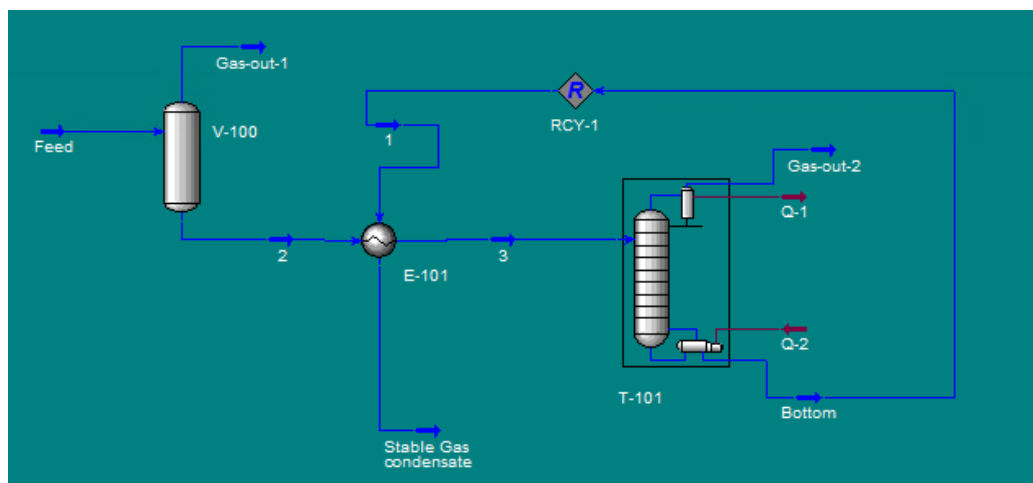


Рисунок 17. – Схема разработанной установки в Unisim Design

Представленная схема включает в себя сепаратор, где осуществляется первая ступень разделения жидкой и газовой фазы, затем частично дегазированный поток через рекуперативный теплообменник поступает в колонну стабилизации газового конденсата, где осуществляется извлечение оставшихся растворенных газов из жидкой фазы.

Также схема содержит рецикл, при помощи которого организован рекуперативный теплообмен между кубовым продуктом колонны T-101 с сырьевым продуктом ректификационной колонны.

Число тарелок ректификационной колонны: действительное число тарелок – 20, тарелка питания – 10.

Для расчета колонны необходимо задаться спецификацией:

Флегмовое число	0,9
Температура конденсатора	-20 °C

Результаты работы колонны отображены в таблицах 3-4.

Таблица 3. – Некоторые параметры материальных потоков

Параметр	Сырье	Газ	Стабильный газовый конденсат
Температура °C	40	-19,9	280
Давление, кПа	2420	2400	2450
Массовый расход, кг/час	56040	850	55190

Таблица 4. – Расчетные профили давлений, температуры, расходов пара и жидкости по высоте колонны. Паровые нагрузки

№ Тарелки	Давление, кПа	Температура, °С	Расход жидко- сти, кг/час	Расход пара, кг/час
0	2400	-20	1125	851
1	2400	1,0	1198	1975
2	2403	10,4	1225	2048
3	2405	15,6	1237	2076
4	2408	18,8	1242	2087
5	2411	21,1	1246	2093
6	2413	23,1	1246	2096
7	2416	25,2	1244	2097
8	2418	28,2	1236	2094
9	2421	33,5	1223	2086
10	2424	42,7	58088	2074
11	2426	46,8	59510	2898
12	2429	52,6	61683	4320
13	2432	60,3	64794	6493
14	2434	70,1	69082	9604
15	2437	82,1	74912	13892
16	2439	97,4	82855	19722
17	2442	117,6	93612	27664
18	2445	144,2	107477	38422
19	2447	177,7	122947	52287
20	2450	219,7	134284	67756
21	2450	279,1	55190	79094

Составы продуктовых потоков представлены в таблице 5.

Таблица 5. – Составы продуктовых потоков колонны стабилизации

№, пп	Компонент	Мольная доля, %		
		Сырье	Куб	Дистиллят
1	Methane	7,9443	0,0000	59,2992
2	Ethane	4,6176	0,0755	33,9793
3	Propane	3,3637	2,8465	6,7071
4	i-Butane	0,4982	0,5735	0,0112
5	n-Butane	0,7206	0,8315	0,0031
6	NBP [1]53*	3,3191	3,8326	0,0000
7	NBP [1]64*	9,9705	11,5129	0,0000
8	NBP [1]78*	6,1622	7,1154	0,0000
9	NBP [1]93*	9,2195	10,6457	0,0000
10	NBP [1]107*	6,6464	7,6745	0,0000
11	NBP [1]119*	7,7807	8,9844	0,0000
12	NBP [1]135*	5,2739	6,0898	0,0000
13	NBP [1]149*	6,3232	7,3013	0,0000
14	NBP [1]162*	3,4964	4,0373	0,0000

15	NBP [1]178*	3,3044	3,8156	0,0000
16	NBP [1]192*	3,1619	3,6510	0,0000
17	NBP [1]206*	3,1408	3,6266	0,0000
18	NBP [1]220*	2,4527	2,8321	0,0000
19	NBP [1]235*	1,9460	2,2471	0,0000
20	NBP [1]249*	1,7359	2,0045	0,0000
21	NBP [1]263*	1,4173	1,6365	0,0000
22	NBP [1]277*	1,2632	1,4586	0,0000
23	NBP [1]291*	0,9159	1,0576	0,0000
24	NBP [1]306*	1,2459	1,4386	0,0000
25	NBP [1]320*	0,6521	0,7530	0,0000
26	NBP [1]335*	0,3748	0,4328	0,0000
27	NBP [1]349*	0,3792	0,4378	0,0000
28	NBP [1]363*	0,4227	0,4881	0,0000
29	NBP [1]377*	0,4497	0,5193	0,0000
30	NBP [1]391*	0,3988	0,4605	0,0000
31	NBP [1]406*	0,3567	0,4118	0,0000
32	NBP [1]420*	0,3110	0,3592	0,0000
33	NBP [1]439*	0,4112	0,4748	0,0000
34	NBP [1]462*	0,3235	0,3735	0,0000

Требования к стабильному газовому конденсату представлены в [25]

Согласно требованиям представленным в п.4.2 ГОСТ ГОСТ Р 54389-2011, давление насыщенных паров стабильного газового конденсата не должно превышать **66,7 кПа при 37,8 °С**.

Давление насыщенных паров продукта, полученного путем расчета на разработанной модели, составляет **43,2 кПа при 37,8 °С**. Следовательно качество полученного продукта соответствует требованиям нормативной документации.

## 4.2 Оптимизация разработанной модели

### Подбор контактных устройств

С помощью утилиты «Tray Sizing» выбираем тип тарелки - и получаем результаты расчетов диаметра аппарата с учетом гидродинамики.

Таблица 6. – Конструктивные размеры колонны

Тип тарелок	Колпачковые
Диаметр колонны, м	2,098
Площадь горизонтального сечения, м2	2,075

Расстояние между тарелками, м	0,6
Высота тарельчатой секции, м	12

Помимо классических контактных устройств типа ситчатых и колпачковых тарелок в базе данных Unisim Design представлены всевозможные насадки, как загружаемые «внавал», так и структурированные.

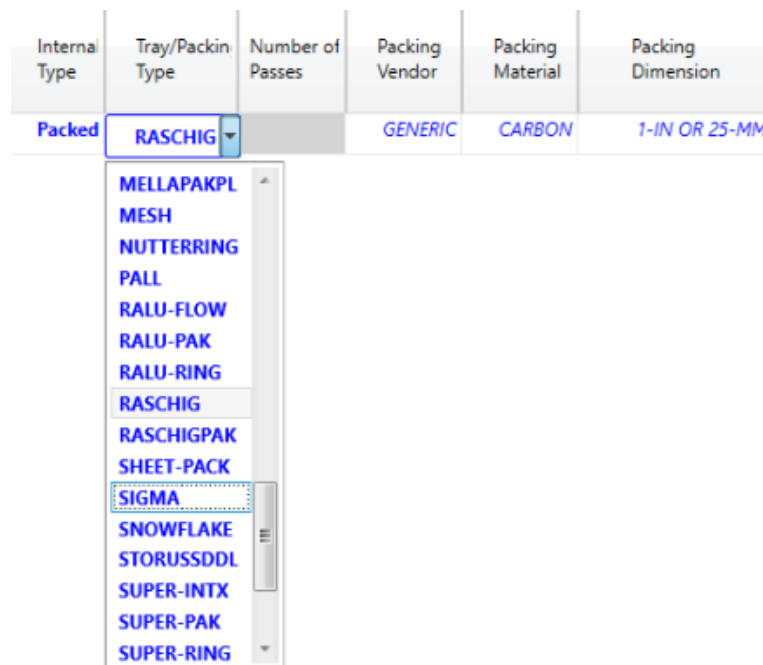


Рисунок 18. – Выбор типа контактного устройства

Основным параметром, характеризующим эффективность насадочного устройства, является высота эквивалентная теоретической тарелке (ВЭТТ или НЕТР с англ.). Соответственно, чем ниже данное значение, тем эффективнее осуществляется массообмен в аппарате.

Таблица 7. – Характеристики некоторых насадок

№, п/п	Тип насадки	ВЭТТ, м	Принятое для расчета, м	Количество теоретических тарелок, шт
1	Кольца Рашига	0,5 - 0,7	0,6	20
2	Mellapack (sulzer)	0,3 – 0,5	0,4	30

Вышеприведенные результаты свидетельствуют о том, что использование современных структурированных насадок типа Mellapack позволяет

увеличивать число теоретических тарелок для аппарата при той же высоте, которую занимают менее эффективные массообменные устройства.

Для проверки возможности использования данной насадки в разработанной модели ректификационной колонны была осуществлен расчет для определения гидравлической картины внутри колонны.

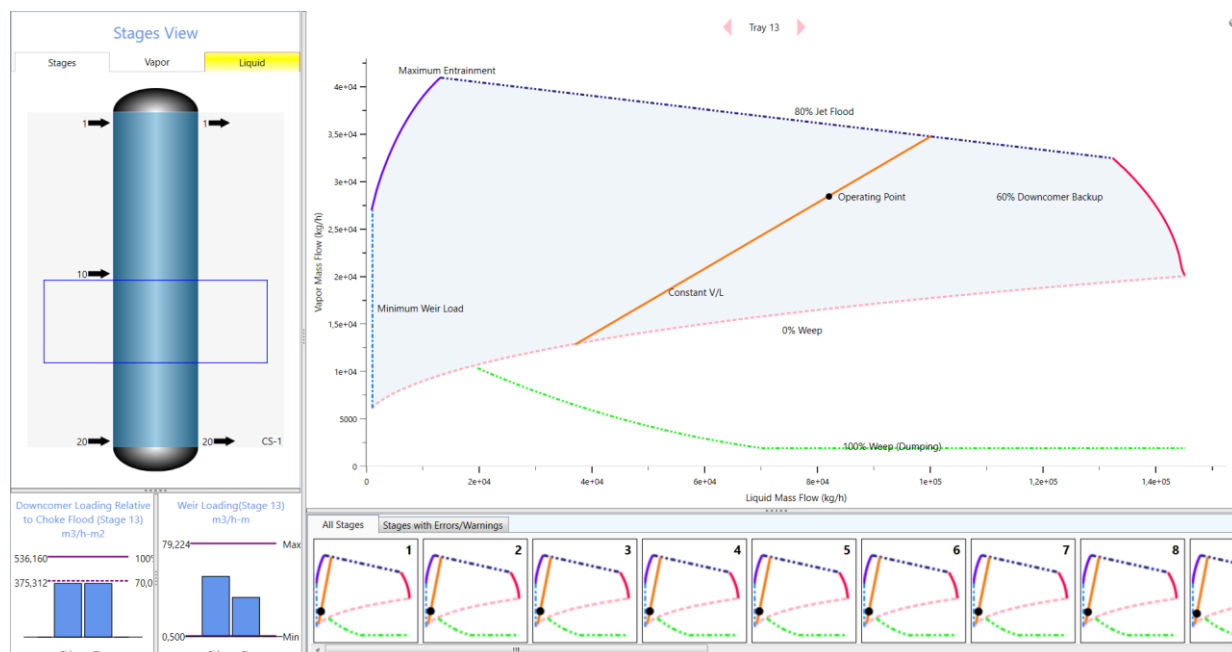


Рисунок 19. – Потарелочный расчет гидравлики

Как видно из рисунка, выбранный тип контактного устройства может быть использован для колонны стабилизации газового конденсата.



## 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

### 5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Нефтехимическая промышленность – важнейшая отрасль, формирующая экономику страны. Углеводороды нефти находят широкое применение в виде источника сырья для производства необходимых в хозяйстве веществ. Различными способами из них получают компоненты, необходимые для производства пластмасс, синтетического текстильного волокна, синтетического каучука, спиртов, кислот, синтетических моющих средств (СМС) и т.д.

Целесообразно выбрать два наиболее значимых критерия: размер компании и отрасль, по которым будет производиться сегментирование рынка. Размер компании очень важен, т.к. крупные компании часто используют новые технологии и могут поддаться риску, потому что имеют возможность возместить убытки.

Что касается отраслей, то не все предприятия могут пользоваться данным исследовательским проектом, а только нефтяная промышленность. Отсюда вытекает географический критерий, потому что не всякий регион и не всякая страна имеет газовые и нефтяные ресурсы.

#### 5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

По результатам проведенного сегментирования рынка были определены основные сегменты, а также выбраны наиболее благоприятные (рис. 20).

		Отрасль	
		Нефтедобывающие предприятия	Нефтеперерабатывающие предприятия
Размер компании	Крупные		
	Средние		
	Мелкие		

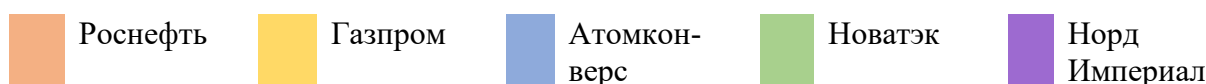


Рисунок 20. – Сегментирование рынка

Как видно из рисунка основными сегментами рынка являются крупные и малые компании. Следовательно, наиболее перспективным сегментом в отраслях нефтедобычи и нефтепереработки для формирования спроса является группа независимых крупных и малых нефтедобывающих компаний.

### 5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов. С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, пример которой приведен в таблице:

Таблица 8. – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,15	5	5	4	0,75	0,75	0,60
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	1	4	0,75	0,15	0,60
2. Надежность	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
4. Безопасность	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
5. Энергоэкономичность	0,15	5	4	3	0,75	0,60	0,45
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Цена	0,2	5	3	4	1,0	0,6	0,8
2. Конкурентоспособность продукта	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
3. Финансирование научной разработки	0,05	2	5	4	0,1	0,25	0,2
4. Срок выхода на рынок	0,05	4	5	4	0,2	0,25	0,2
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>40</b>	<b>39</b>	<b>30</b>	<b>4,75</b>	<b>3,6</b>	<b>3,8</b>

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i,$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Конкурентоспособность разработки составила 4,75, в то время как двух других аналогов 3,6 и 3,8 соответственно. Результаты показывают, что данная научно-исследовательская разработка является конкурентоспособной и имеет преимущества по таким показателям, как удобство эксплуатации для потребителей, цена и энергоэкономичность.

### 5.1.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа. В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор помечается либо знаком «+» – сильное соответствие сильных сторон возможностям, либо знаком «-» – слабое соответствие; «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 9. – Матрица SWOT.

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Простота применения С2. Адекватность разработки С3. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта. С4. Относительно невысокая денежная и временная затратность проекта	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки Сл2. Отсутствие сертификации Сл3. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца Сл4. Отсутствие бюджетного финансирования.
<b>Возможности:</b>	Простота применения, адекватность разработки,	Помощь в финансировании проекта и его

<p>V1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>V2. Появление потенциального спроса на новые разработки</p> <p>V3. Уменьшение значимости или достоинства конкурентных решений</p>	<p>использование более свежей информации в проекте увеличит спрос и конкурентоспособность НИР (V3,V4,C1,C2,C3). При подключении в работу инновационных структур уменьшается время разработки и появляются дополнительные денежные средства (V1,V2,C4).</p>	<p>сертификации могут оказать инновационные инфраструктуры (V1,V2,Сл2,Сл4). Необходимо снизить конкурентоспособность подобных разработок и расширить использование данной НИР во многих компаниях (V3,V4,Сл1,Сл3).</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии</p> <p>У2. Значимая конкуренция</p> <p>У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации</p> <p>У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p>	<p>Использование более новой информации, простота и адекватность математической модели позволяют повысить спрос и конкуренцию разработки, что уменьшает влияние финансирования (С1,С2,С3,У1,У2,У4). В силу малой затратности проекта представляется возможность вложения дополнительных денежных средств в другие услуги, такие как сертификация (С4,У3).</p>	<p>Отсутствие прототипа, сертификации научной разработки, невозможность использования в компаниях с традиционными методами обработки нефти приведет к отсутствию спроса и отсутствию конкуренции проекта (У1,У2,Сл1,Сл2,Сл3), а отсутствие финансирования приведет к невозможности получения сертификации (У3,Сл4).</p>

## 5.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

При любом проектировании всегда есть несколько методов или вариантов достижения цели, т.е. несколько альтернатив. Выше были описаны методы, позволяющие выявить и предложить возможные альтернативы проведения исследования и доработки результатов. Приведенные в предыдущих пунктах методы в основном ориентированы на совершенствование результатов научного проектирования, находящегося на стадии разработки. Обычно, используя морфологический подход, можно предложить не менее трех основных вариантов совершенствования разработки или основных направлений научного исследования. Морфологический подход заключается в исследовании всех выявленных альтернатив, которые вытекают из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования. Такой подход охватывает как

известные, так и новые, необычные варианты, которые при простом переборе могли быть упущены. С помощью комбинации вариантов получают большое количество различных решений, многие из которых представляют практический интерес.

Научно-технический прогресс не стоит на месте и развивается очень стремительно. Из этого следует, что разрабатываемые сейчас технические проекты скоро могут стать не актуальными. В связи с этим, разработку новых проектов нужно осуществлять с учетом их дальнейшего развития. Это означает, что системы электроснабжения, разрабатываемые в наше время, должны уметь приспосабливаться к условиям новой среды, т.е. быть динамичными. Поэтому необходимо определить дальнейшие пути развития или модификации разрабатываемой системы электроснабжения данного предприятия. Удобнее всего рассматривать имеющиеся варианты в виде морфологической матрицы, приведенной в табл. 5.

Таблица 10. – Альтернативы проведения исследования

	1	2	3
А: Тип аппаратного оформления процесса	Многоступенчатая сепарация	Ректификационная схема	Комбинированная
Б: Подогрев сырья	За счет тепла продуктовых потоков	Паром	Электрообогрев
В: Тип контактных устройств в колонне ректификации	Насадочные	Колпачковые	Ситчатые

Выбор наиболее желательных функционально конкретных решений осуществляется с позиции его функционального содержания и ресурсосбережения. Для созданной морфологической матрицы выделим три наиболее перспективных пути развития разрабатываемой схемы снабжения, а именно:

1. А1Б1В2
2. А3Б1В3
3. А2Б1В1

Морфологическая матрица позволяет наглядно рассмотреть перспективы развития, возможность расширения производственных решений, введение модификаций и усовершенствование разрабатываемой схемы.

Наиболее приемлемым является третий вариант, так как сочетает в себе высокую экономичность и надежность.

### 5.3 Планирование научно-исследовательских работ

#### 5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель и студент. Составим перечень этапов работ и распределим исполнителей по данным видам работ.

Таблица 11. – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность Исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления Исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, Студент
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Анализ существующей схемы стабилизации газового конденсата	Студент
	6	Разработка математической модели процесса	Студент
	7	Оценка адекватности математической модели реальному процессу	Студент
	8	Оценка влияния технологических параметров на качество продукта	Студент
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, Студент
	10	Определение целесообразности проведения процесса	Руководитель, Студент
	11	Оформление пояснительной записки	Студент
	12	Разработка презентации и раздаточного материала	Студент

### 5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min} + 2t_{\max i}}{5},$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65%.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

В качестве примера рассчитаем продолжительность 1 работы – разработка ТЗ:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1,8 \text{ чел.-дн.};$$



$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{q_i} = \frac{1,8}{1} = 1,8 \text{ дн.}$$

### 5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал},$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48,$$

где  $T_{кал}$  – количество календарных дней в году;

$T_{вых}$  – количество выходных дней в году;

$T_{пр}$  – количество праздничных дней в году.

Все рассчитанные значения необходимо свести в таблицу (таб. 12). Календарный план работ представлен в таб. XX.

Таблица 12. – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ									Исполнители, количество			Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$			Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$		
	$t_{min}$ чел.-дни			$t_{max}$ чел.-дни			$t_{ож}$ чел.-дни											
	исп. 1	исп. 2	исп. 3	исп. 1	исп. 2	исп. 3	исп. 1	исп. 2	исп. 3	исп. 1	исп. 2	исп. 3	исп. 1	исп. 2	исп. 3	исп. 1	исп. 2	исп. 3
Подбор и изучение материалов по теме	10	8	6	15	12	11	12	10	8	1	2	3	12	5	3	18	7	4
Выбор направления исследований	5	10	15	7	12	20	6	11	17	1	2	2	6	5	9	9	8	13
Календарное планирование работ по теме	4	9	12	6	11	15	5	10	13	1	1	2	5	10	7	7	15	10
Анализ существующей схемы стабилизации газового конденсата	12	13	15	14	18	20	13	15	17	2	1	1	6	15	17	9	22	25
Разработка математической модели процесса	10	13	15	14	15	16	12	14	15	1	2	1	12	7	15	17	10	23
Оценка адекватности математической модели реальному процессу	10	14	16	13	16	18	11	15	17	1	1	1	11	15	17	17	22	25
Оценка влияния технологических параметров на качество продукта	10	7	5	17	12	10	13	9	7	1	2	1	13	5	7	19	7	10
Оценка эффективности полученных результатов	5	10	14	10	13	18	7	11	16	1	2	1	7	6	16	10	8	23
Определение целесообразности проведения процесса	5	10	14	10	13	18	7	11	16	1	2	2	7	6	8	10	8	12
Оформление пояснительной записки	18	22	25	20	25	30	19	23	27	1	1	1	19	23	27	28	34	40
Разработка презентации и раздаточного материала	4	6	9	5	8	10	4	7	9	1	1	1	4	7	9	7	10	14
Итого, дн																151	152	198



[illegible]

## 5.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

### 5.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчёт стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3-5 % от цены). Результаты по данной статье занесём в таблицу 14.

Таблица 14. – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Ед. Измерения	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Бумага	пачка	2	300	600
Ручка	шт.	4	60	240
Картридж для принтера	шт.	1	600	600
Тетрадь для записей	шт.	2	50	100
Затраты на электроэнергию	кВт.ч	700	2,45	1715
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				162,8
Итого:				3418

### 5.4.2 Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ

Для выполнения данного проекта необходимо приобретение персонального компьютера для двух участников проекта, ПО MicrosoftOffice 365 для создания документов, лицензионного программного пакета UnisimDesign для компьютерной реализации модели. Также необходимо иметь экспериментальные данные с завода, которые могут быть получены двумя способами: 1) запросить данные с лаборатории завода; 2) провести необходимые исследования в лаборатории кафедры.

Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного научного проекта и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в виде амортизационных отчислений. Так, стоимость персонального компьютера при сроке амортизации 25 месяцев и его использовании в течение 9 месяцев составит 18 тысяч рублей.

Таблица 15. – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед. оборудования	Цена ед. оборудо- вания, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб
1	Персональный компьютер	2	18	36
2	Принтер	1	3	3
3	Microsoft Office 2016 Home and Business RU x32/x64	2	10	20
4	Лицензия на программный пакет UnisimDesign	1	50	50
Итого:				109

### 5.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата

Основная заработная плата ( $Z_{\text{осн}}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}},$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{р}}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 19);

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}},$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня  $M=11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней  $M=10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 16. – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	76	76
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	24	48
- невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	247	227

$$З_{\text{дн(рук.)}} = \frac{33664 \cdot 11,2}{247} = 1526,5 \text{ руб}$$

$$З_{\text{дн(маг.)}} = \frac{26300 \cdot 10,4}{227} = 1204,9 \text{ руб}$$

Месячный должностной оклад работника:

$$З_m = З_б \cdot (k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p$$

где  $З_б$  – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 17. – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_б$ , руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_d$	$k_p$	$З_m$ , руб	$З_{\text{дн}}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$З_{\text{осн}}$ , руб.
Руководитель	33664	1,3	-	1,3	48139,5	1526,5	40	61060
Студент	26300	-	-	1,3	34190	1204,9	90	108444

Итого:	169504
--------	--------

#### 5.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10 - 15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} ,$$

где  $З_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;

$З_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, руб.

В табл. ниже приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 18. – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата	61060	108444
Дополнительная зарплата	9159	16266,6
Итого по статье $C_{\text{зп}}$	70219	124710,6

#### 5.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) ,$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Таблица 19. – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	61060	9159
Инженер	108444	16266,6
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды	27,1 %	
Отчисления, руб.	45935,6	6890,1
Итого	52825,9	



### **Накладные расходы**

Накладные расходы – это расходы на прочие затраты, не учитываемые в п.п 1.3.1 – 1.3.3, например, затраты на печать, ксерокопирование, оплата интернета и прочих услуг связи и коммуникации, электроэнергии. Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}},$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициента накладных расходов принята в размере 20%.  
Рассчитаем накладные расходы на выполнение НТИ:

$$З_{\text{накл}} = (3418 + 109000 + 70219 + 124710,6 + 52825,9) \cdot 0,2 = 72034,7 \text{ рублей.}$$

#### **5.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта**

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 20. – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1. Материальные затраты НТИ	3418	3200	3700
2. Специальное оборудование для научных работ	109000	109000	109000
3. Основная заработная плата	169504	169504	169504
4. Дополнительная заработная плата	25425,6	25425,6	25425,6
5. Отчисления на социальные нужды	52825,9	52825,9	52825,9
6. Накладные расходы	71674,5	71674,5	71674,5
7. Бюджет затрат	431848	422630	432130

#### **5.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения. Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}},$$

где  $I_{\phi}^p$  - интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a,$$

где  $I_m$  – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;  $a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го параметра;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Таблица 21. – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Адекватность разработки	0,2	5	4	4
2. Простота применения	0,2	4	5	4
3. Энергосбережение	0,4	5	5	3
4. Универсальность	0,1	4	4	3
5. Способствует росту производительности труда	0,1	4	5	4
ИТОГО	1	4,7	4,6	3,5

Интегральный показатель эффективности разработки ( $I_{финр}^p$ ) и аналога ( $I_{финр}^a$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр1}^{Исп1} = \frac{I_m^p}{I_\phi^p} = \frac{4,6}{0,978} = 4,71$$

$$I_{финр2}^{Исп2} = \frac{I_m^{a1}}{I_\phi^{a2}} = \frac{4,7}{1} = 4,7$$

$$I_{финр3}^{Исп3} = \frac{I_m^{a2}}{I_\phi^{a2}} = \frac{3,5}{0,74} = 4,73$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{cp}$ ):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{Исп1}}{I_{Исп2}}$$

Таблица 22. – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,978	1	0,74
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	4,7	3,5
3	Интегральный показатель эффективности	4,71	4,7	4,73
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения (разработка относительно аналога)	1	0,993	0,995

Вывод: в ходе выполнения данного раздела были определены финансовый показатель разработки, показатель ресурсоэффективности, интегральный показатель эффективности и, на основании сравнительной эффективности вариантов исполнения, оптимальным был выбран вариант исполнения 1.

## **6 Социальная ответственность**

### **Введение**

Объектом исследования данной выпускной квалификационной работы является установка стабилизации газового конденсата. Установка предназначена для получения сырья установок гидроочистки бензина, дизельного топлива и вакуумного газойля, каталитического крекинга, риформинга, изомеризации, замедленного коксования.

Выполнение выпускной квалификационной работы осуществлялось в системе автоматизированного проектирования Unisim Design. Была разработана схема установки стабилизации газового конденсата с дальнейшей оптимизацией системы. Так же были выданы рекомендации по модернизации установки.

Потенциальным потребителем данной разработки являются предприятия нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности.

Исследуемой рабочей зоной является операторная, расположенная непосредственно вблизи действующей установки стабилизации газового конденсата. Представляет собой блок-бокс каркасно-панельного исполнения с расположенным внутри пультом управления.

#### **6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

В целях сохранения и повышения работоспособности, ускорения адаптации к действию неблагоприятных условий труда, профилактики заболеваний работающим в контакте с химическими веществами, следует 2 раза в год проводить витаминизацию.

В соответствии с [26] проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования) работников, занятых на работах с вредными веществами.

Персонал установки обеспечивается спецодеждой в соответствии с "Инструкцией о порядке обеспечения рабочих и служащих специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты (СИЗ)".

Согласно отраслевым нормам [27], обслуживающему персоналу должны быть предоставлены средства индивидуальной и групповой защиты: *костюм хлопчатобумажный, костюм из полимерных материалов, белье нательное, ботинки кожаные, сапоги резиновые, портянки х/б, перчатки из полимерных материалов, перчатки комбинированные, каска защитная, подшлемник под каску, противогаз, очки защитные, спец. питание (молоком), моющие средства.*

Для исключения возможности несчастных случаев проводится обучение и проверка знаний работников о требованиях безопасности труда в соответствии с [28].

Защита персонала от термических ожогов обеспечивается теплоизоляцией оборудования и трубопроводов. Для обеспечения безопасности персонала, обслуживающего электрооборудование, предусмотрено защитное заземление оборудования, коммуникаций и металлических конструкций установки, исключающее случайные электротравмы и опасные проявления статического электричества

Постоянное присутствие персонала на рабочих местах в производственных помещениях и на территории ограничено временем не более двух часов, местом постоянного пребывания персонала (постоянное рабочее место) является помещение операторной.

В целом, средства коллективной защиты работающих включают средства нормализации условий работы и средства снижения воздействия на работников вредных производственных факторов.

## **6.2 Производственная безопасность**

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории, при разработке или эксплуатации проектируемого решения.

Для идентификации потенциальных факторов был использован ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы.

Таблица 23. – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разра- ботка	Изготов- ление	Эксплу- атация	
1. Вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм (ядовитые вещества / химикаты / химическая продукция);	–	+	+	1. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2)
2. Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования	-	+	+	ГОСТ Р 51337-99. Безопасность машин. Температуры касаемых поверхностей. Эргономические данные для установления предельных величин горячих поверхностей
3. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	2 СанПиН 2.2.2.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
4. Превышение уровня шума и вибрации	+	+	+	3 ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
5. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	4 СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
6. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	5 ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

### 6.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

#### Вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм

Согласно [29] вещества, используемые в технологии, могут быть классифицированы как химически вредные. По своей физико-химической природе при нормальных условиях данные вещества являются легколетучими жидкостями, что определяет их высокую опасность для персонала при вдыхании, контакте с кожей, слизистыми оболочками.

Для уменьшения влияния данного фактора на организм человека предусмотрены такие средства и мероприятия коллективной защиты, как вытяжные

шкафы, и регулярное проветривание помещений. К индивидуальным защитным средствам относятся: специальная одежда, обувь, средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД), использование которых предотвращает вероятность вредного воздействия химических соединений на организм человека. Соблюдение предписанных требований безопасности и употребление спецпитания значительно снижает риск проявления токсичности данных веществ. Данный фактор важен в рамках исследования, однако напрямую не берется в расчет, при этом предполагается высокий уровень безопасности на установке. Характеристика токсичных свойств сырья, полупродуктов и готовой продукции производства представлена в таблице 2.

Таблица 24. – Характеристика токсичных свойств сырья, полупродуктов и готовой продукции производства

Наименование сырья, полу-продуктов, продуктов и некоторых опасных веществ, входящих в состав бензина	Класс опасности [18]	Агрегатное состояние при условиях производства	ПДК в воздухе рабочей зоны производственных помещений [18]	Характеристика токсичности
Конденсат газовый стабильный	4	Жидкое	300 мг/м <sup>3</sup>	Контакт с КГС оказывает вредное воздействие на центральную нервную систему, вызывает раздражение кожного покрова, слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей.
Конденсат газовый нестабильный	4	Жидкое	300 мг/м <sup>3</sup>	Характеристика токсичности аналогична конденсату газовому стабильному.

### Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования

На установки стабилизации газового конденсата присутствуют аппараты и трубопроводы, работающие при повышенной температуре.

Горячие поверхности машин, доступные оператору, являются причиной риска ожогов. Прикосновение к горячей поверхности может быть преднамеренным, например при трогании рукоятки, или непреднамеренным, если человек находится близко от машины.

В отдельных случаях результаты контакта с горячей поверхностью могут быть более серьезными, например:



- а) ожоги дыхательных путей;
- б) ожог свыше 10% поверхности кожи может вызвать нарушение циркуляции при потере жидкости;
- с) даже при отсутствии ожогов нагрев большей части головы или тела может привести к недопустимому напряжению [30].

Для снижения риска получения ожогов, предусматривается наличие теплоизоляции в местах возможного контакта, где температура поверхности превышает 60°C.

Технические мероприятия могут включать изоляцию рукоятки от машины и использование материалов с высоким ожоговым порогом, таких как пластики, дерево и т.д.

Одной из мер защиты является снижение возможности случайного контакта с верхней частью передачи. Она может быть дополнена соответствующими расстоянием между рукояткой и наружной поверхностью горячих деталей или установкой ограждения, исключающего случайный контакт [30].

### **Отклонение показателей микроклимата**

Нормы производственного микроклимата установлены в [32]. Они едины для всех производств и всех климатических зон с некоторыми незначительными отступлениями.

В этих нормах отдельно нормируется каждый компонент микроклимата в рабочей зоне производственного помещения: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха в зависимости от способности организма человека к акклиматизации в разное время года, характера одежды, интенсивности производимой работы и характера тепловыделений в рабочем помещении.

Работу оператора технологической установки можно отнести к категории работа Па. Соответствие показателей микроклимата нормам обеспечивается решениями, заложенными на этапе проектирования производственного объекта, и контролируется дважды за смену.

Нормы по состоянию микроклимата для данной категории работ представлены в таблице 25 [33].

Таблица 25. – Нормы по состоянию микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	19-21	18-22	60-40	0,2
Теплый	20-22	19-23	60-40	0,2

### **Повышенный уровень шума и вибрации**

Следующим важным вредным фактором, имеющим место на установке стабилизации газового конденсата, является высокий уровень шумового загрязнения и вибрационного воздействия, являющийся следствием работы высокопроизводительного насосного оборудования.

Требования по допустимому уровню звукового давления, звука и эквивалентных уровней звука выполняются в соответствии с [31], согласно которому уровень звука на АСББ не превышает 80 децибел. Вредное воздействие шума проявляется в прогрессирующем понижении слуха, что приводит к профессиональной глухоте; появляются головные боли, повышенная утомляемость; также может понижаться иммунитет человека.

Требования по допустимому уровню вибрации выполняются в соответствии с [32].

Воздействие производственной вибрации на человека вызывает изменения как физиологического, так и функционального состояния организма человека. Изменения в функциональном состоянии организма проявляются в повышении утомляемости, увеличении времени двигательной и зрительной реакции, нарушении вестибулярных реакций и координации движений. Изменения в физиологическом состоянии организма — в развитии нервных заболеваний, нарушении функций сердечно-сосудистой системы, нарушении функций опорно-двигательного аппарата, поражении мышечных тканей и суставов,

нарушении функций органов внутренней секреции. Все это приводит к возникновению вибрационной болезни.

Для снижения уровня вибрации при проектировании установки закладывается ряд технологических решений, таких как статическая и динамическая балансировка вращающихся частей машин), виброгашение (увеличение эффективной массы путем присоединения машины к фундаменту), виброизоляция (применение виброизоляторов пружинных, гидравлических, пневматических, резиновых и др.) вибродемпфирование (применение материалов с большим внутренним трением). Также используют СИЗ – виброзащитная обувь, перчатки со специальными упруго-демпфирующими элементами, поглощающими вибрацию.

Для снижения уровня шума, рабочих на установке обеспечивают антифонами. Также на аппаратах, создающих наибольшее звуковое загрязнение, предполагается установка звукоизоляционного кожуха.

### **Недостаточная освещенность рабочей зоны**

Еще одним вредным фактором является недостаточная освещенность рабочих мест. Специфика обеспечения надлежащей освещенности в помещениях заключается в том, что работы на станции смешения осуществляются круглосуточно, а значит, необходимо поддерживать баланс между естественным и искусственным освещением.

Требования к освещению рабочих мест зафиксированы в [34]. Естественная освещенность в дневное время суток в операторной составляет 1,5%, в насосной – 0,2%, поэтому установлены окна, которые обеспечивают необходимое освещение, и при этом устойчивые к вибрационному воздействию.

Таблица 26. – Нормы искусственной освещенности в помещениях

Источник света	Мощность источника света в помещении, Лк	
	Операторная	Насосная
Лампы дневного света	200	50
Лампы накаливания	150	20

Для осветительных установок общего освещения коэффициент запаса составляет 1,8 – 2,0. Коэффициент пульсации не превышает 5%.

Плохое и неравномерное освещение приводит к снижению зрительных функций, повышается уровень утомляемости, что отрицательно влияет на общую работоспособность персонала.

Для обеспечения нормируемых значений освещенности в рабочих помещениях проводится чистка стекол оконных рам и светильников два раза в год и своевременная замена перегоревших ламп.

### **Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека**

Электробезопасность установки должна обеспечиваться в любых возможных нормальных и аварийных эксплуатационных ситуациях. Источниками электрической опасности могут являться: *оголенные части проводов или отсутствие изоляции, отсутствие заземления, замыкания, статическое напряжение.*

Электробезопасность обслуживающего персонала и посторонних лиц должна обеспечиваться выполнением следующих мероприятий:

- 1 Соблюдение соответствующих расстояний до токоведущих частей или путем закрытия;
- 2 Ограждения токоведущих частей;
- 3 Применение блокировки аппаратов и ограждающих устройств для предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям;
- 4 Применение предупреждающей сигнализации, надписей и плакатов;
- 5 Применение устройств для снижения напряженности электрических и магнитных полей до допустимых значений;
- 6 Использование средств защиты и приспособлений, в том числе для защиты от воздействия электрического и магнитного полей в электроустановках, в которых их напряженность превышает допустимые нормы.

### **6.2.2 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов**

Во взрывоопасных зонах помещений и наружной установки установлены датчики до взрывных концентраций паров углеводородов с выдачей светозвукового сигнала оператору и звукового сигнала по месту с фиксацией в АСУ ТП случаев загазованности.

При появлении взрывоопасных концентраций паров углеводородов на этажерке установки автоматически подается звуковой сигнал по месту и через 30 секунд включается паровая завеса печи П1.

При повышении предельно допустимых концентраций паров в воздухе рабочей зоны помещений насосных автоматически включается аварийная вентиляция.

При проведении ремонтных работ контроль воздуха на содержание паров углеводородов осуществляется лабораторией после пропарки или продувки оборудования и трубопроводов азотом.

Защита работающих от производственных опасностей предусмотрена системой ПАЗ, которая предупреждает возникновение аварийной ситуации при отклонении от предельно допустимых регламентных параметров процесса и обеспечение безопасной остановки установки или перевод ее в безопасное состояние (циркуляцию).

## **6.3 Экологическая безопасность**

В рамках нефтеперерабатывающего завода, установка стабилизации газового конденсата является объектом средней степени воздействия на окружающую среду. Далее будут описаны существующие угрозы для окружающей среды.

### **6.3.1 Воздействие установки на атмосферу**

На атмосферу могут оказывать вредное воздействие выбросы из вентиляционных труб, которые не проходят очистку и выбросы из резервуаров, которые также не очищаются перед выбросом. Однако на установках

осуществляется контроль по содержанию вредных веществ в выбросах, которые не должны превышать установленных норм на предприятии.

Комплекс проектных мероприятий, направленных на уменьшение воздействия объектов на окружающую среду:

- приняты герметичные схемы приема-откачки нефти, нефтепродуктов;
- с оборудования предусмотрен сбор утечек нефти в подземные дренажные емкости с дальнейшим возвратом в технологический процесс;
- подъём на оптимальную высоту труб выбросов организованных источников для улучшения рассеивания;
- лабораторный контроль за соблюдением нормативов выбросов вредных веществ в атмосферу;

### **6.3.2 Воздействие установки на гидросферу**

Аварийные ситуации могут оказывать негативное воздействие на гидросферу. При разливе сырья или товарной продукции происходит неконтролируемое скопление жидкой фазы на объекте. При попадании разливов нефтепродуктов в сточные воды необходимо провести их анализ на содержание вредных примесей, так как согласно [35] не допускается утечка нефти и нефтепродуктов.

Разлив засыпается песком, который затем вывозится на полигон. Не допускается проведение каких-либо огневых работ, эксплуатация насосного оборудования, техники вблизи мест разлива. Далее перечислены мероприятия по контролю влияния установки на гидросферу: закрытый дренаж трубопроводов и оборудования, закрытый сброс охлажденных загрязненных стоков, применение бессальниковых герметичных насосов, отбортовка площадок наружных установок с устройством твёрдого покрытия, сбор проливов продуктов из отбортованных площадок в дренажные ёмкости с последующим возвратом на переработку.

## **6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Одним из важнейших факторов в безопасности жизнедеятельности людей является подготовленность к чрезвычайным ситуациям.

Аварийное состояние на установке может быть вызвано следующими причинами:

- прекращение подачи электроэнергии;
- прекращение подачи охлаждающей воды;
- прекращение подачи пара (в осенне-зимний период);
- пропуск нефтепродукта вследствие разгерметизации технологических соединений;
- аварией на соседней установке;
- нарушения в системах канализации и сброса оборотной воды;
- отказ КИПиА, при которых необходима остановка оборудования;
- пожар на установке.

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией на установке является разлив нефти и, как следствие, пожар на станции. Мероприятия, проводимые во время чрезвычайных ситуаций (аварий, стихийных бедствий, военных конфликтов), представляют собой проведение спасательных работ и неотложных аварийно-восстановительных работ в очаге поражения. Данные мероприятия должны проводиться на основании положения комплекса государственных стандартов по предупреждению и ликвидации чрезвычайной ситуации и определены в [36]. Технические и организационные меры по предотвращению пожара или взрыва и противопожарной защите осуществляются в соответствии с [37] и [38].

Для предотвращения пожара оператор должен выполнить следующие действия:

- вызвать ПЧ, поставить в известность диспетчера Товарного производства;
- проверить наличие технологического и другого персонала;
- оценить обстановку в месте пожара и приступить к отсечению горящего оборудования от действующих коммуникаций;
- отключить и обесточить электродвигатели, работающие в зоне пожара, остановить вентиляцию, закрыть двери в помещениях;
- для тушения пожара использовать стационарные и первичные средства пожаротушения;
- обслуживающему персоналу действовать в соответствии с табелем боевого расчета.

### **Выводы по разделу**

Современное производство основного органического синтеза развивается в направлении создания многотоннажных безотходных производств. Безусловно, это рациональный и эффективный путь. Поэтому так важно внедрять и осуществлять меры по контролю ведения производственного процесса.

В данном разделе были рассмотрены вредные факторы производства, предложены меры по предотвращению или ограничению их влияния на человека и окружающую среду.



## **Заключение**

В ходе выполнения ВКР был проведён литературный обзор по современным схемам стабилизации газовых конденсатов. Рассмотрены основные конструкции ректификационных колонн. Представлены основные современные САПР. Для моделирования и расчётов технологической схемы использовалась САПР Unisim Design. Изучен функционал Unisim Design.

Разработана математическая модель установки стабилизации газового конденсата с использованием САПР Unisim Design. Оптимизирован режим работы установки.

Выполнен анализ различных контактных устройств внутри колонны. Установлено, что структурированная насадка (типа Mellapak) позволяет существенно повысить эффективность работы колонны (увеличение числа ТТ в 1,5 раза).

Использование разработанной схемы может привести к увеличению качества получаемого продукта.

## Список использованных источников

1. BP Statistical Review of World Energy 2017 — Underpinning data (дата обращения: 10.05.2020).
2. Технологические процессы переработки и использования природного газа / Р. А. Ахмедьянова, А. П. Рахматуллина, Л. М. Шайхутдинова. - Санкт-Петербург : Профессия, 2016. - 363 с
3. Пат RU0002600339 РФ. Способ стабилизации газового конденсата / Курочкин Андрей Владиславович. № С07С7/04. Заявлено 21.08.2015. Оpubл. 20.10.2016.
4. Пат SU01154308 РФ. Способ сепарации газоконденсатной смеси / Латюк В.И., Яшенко В.Л, Рисковец В.г.. № 4С10 G5/04 А. Заявлено 19.07.1983. Оpubл. 07.05.1985.
5. Пат SU01765163 РФ. Способ сепарации газоконденсатной смеси / Латюк В.И., Яшенко В.Л, Рисковец В.г.. № 5С10 G5/06 А. Заявлено 25.06.1990. Оpubл. 30.09.1992.
6. Пат SU01118666 РФ. Способ сепарации газоконденсатной смеси / Киселев В.М, Киселева С. А,Гардюк В.Т, Уфимцев А.И.. № 5С10 G5/06 А. Заявлено 09.03.1981. Оpubл. 15.10.1984.
7. Пат RU0002477301. Способ переработки нестабильного газового конденсата / Чернухин И.В, Обухов О.Е.,Афанасьев Е.П, Солодов П.А., Гайсин Р.Н., № С10 G7/02. Заявлено 08.12.2011. Оpubл. 10.0.2013.
8. Пат SU01110999. Способ переработки нестабильного газового конденсата / Чернухин И.В, Обухов О.Е.,Афанасьев Е.П, Солодов П.А., Гайсин Р.Н., № С10 G7/02. Заявлено 08.12.2011. Оpubл. 10.0.2013.
9. Пат RU02202590. Способ разделения газового конденсата/ Тараканов Г.В., Попадин Н.В., Прохоров Е.М., Вьючный Ю.И., Нурахмедова А.Ф., № 7 С10 G7/00. Заявлено 10.08.2001. Оpubл. 20.04.2003.
10. Пат US9523055B2. Natural gas liquids stabilizer with side stripper/ Richard L. Russeff., № 7 С10 L3/12/ Оpubл. 27.01.2015.
11. Пат WO2016012251A1. A hydrocarbon condensate stabilizer and a method for producing a stabilized hydrocarbon condensate stream/ Lars Hendrik VAN LEEUWENMicha HartenhofDivya Jain., № 7 С10 G7/02/ Оpubл. 24.07.2014.
12. Свирина С. А., Шевелев М. А., Ширшова Н. В. Эффективные методы стабилизации нефти и газового конденсата // Молодой ученый. — 2020. — №5. — С. 25-27. — URL <https://moluch.ru/archive/295/67076/> (дата обращения: 05.04.2020).
13. Физические методы переработки и использования газа. Учебник для вузов. Балыбердина И.Т., "Недра", 1988г.
14. А. Р. Хафизов, Т. Г. Умергалин, А. Ю. Абызгильдин. Основы и расчетные исследования процессов стабилизации углеводородного сырья : учеб.пособие /. - Уфа : [б. и.], 1997. - 94 с. : ил. - 300 экз. - Б. ц.
15. Мановян Андраник Киракосович. Технология первичной переработки нефти и природного газа : Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Хим. технология природ. энергоносителей и углерод. материалов" / 2. изд., испр. - М. : Химия, 2001. — 56
16. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. – М.: ООО ТИД «Альянс», 2004, 753 с.

17. Айнштейн, В.Г. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: Учебник: В 2кн. / В.Г. Айнштейн, М.К. Захаров, Г.А. Носов, В.В. Захаренко, Т.В. Зиновкина, А.Л. Таран, А.Е. Костанян; Под. ред. В.Г. Айнштейна. – М.: Университетская книга, Логос, Физматкнига, 2006, 1760 с.
18. Structured Packings for Distillation, Absorption and Reactive Distillation // Sulzer Chemtech URL: [https://www.sulzer.com/-/media/files/products/separation-technology/liquid\\_liquid\\_extraction/brochures/structured\\_packings.ashx](https://www.sulzer.com/-/media/files/products/separation-technology/liquid_liquid_extraction/brochures/structured_packings.ashx) (дата обращения: 10.04.2020).
19. И. И. Поникаров, О. А. Перелыгин, В. Н. Доронин, М. Г. Гайнуллин. Учебник для ВУЗов по специальности «Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов — М.: Машиностроение, 1989. — 368 с
20. Тимофеев В.С., Серафимов Л.А. Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза. - Учебное пособие для ВУЗов. 2-е изд. - М.: Высшая школа, 2003. - 536 с.
21. Aspen Plus // aspentech URL: <https://www.aspentech.com/en/products/engineering/aspen-plus> (дата обращения: 20.05.2020).
22. Aspen HYSYS // [Электронный ресурс] – aspentech URL: <https://www.aspentech.com/en/products/engineering/aspen-plus> (дата обращения: 20.05.2020).
23. PRO/II Process Engineering // [Электронный ресурс] – AVEVA URL: <https://sw.aveva.com/engineer-procure-construct/process-engineering-and-simulation/pro-ii-process-engineering> (дата обращения: 20.05.2020).
24. UniSim®Design Suite // [Электронный ресурс] – Honeywell URL: [https://www.honeywellprocess.com/en-US/online\\_campaigns/unisim-design/Pages/index.html#](https://www.honeywellprocess.com/en-US/online_campaigns/unisim-design/Pages/index.html#) (дата обращения: 20.05.2020).
25. ГОСТ Р 54389-2011 Конденсат газовый стабильный. Технические условия (Переиздание). – Введ. 01.07.12. – М. Стандартинформ, 2019
26. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 12 апреля 2011 г. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://www.rg.ru/2011/10/28/medosmotr-dok.html>, свободный. – Дата обращения: 15.04.2019г.
27. ГОСТ 12.4.011–89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. М.: Стандартинформ, 2007. – 10 с.
28. ГОСТ 12.0.004-90. Организация обучения безопасности труда. – М.: Стандартинформ, 2010. – 16 с.
29. ГОСТ 12.1.005–88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.:Стандартинформ, 2008. – 49 с.
30. ГОСТ Р 51337-99. Безопасность машин. Температуры касаемых поверхностей. Эргономические данные для установления предельных величин горячих поверхностей. – М.: Стандартинформ, 2000.
31. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности. – М.: Стандартинформ, 2014. – 13 с.
32. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы. – М.: Стандартинформ, 1996. – 12 с.
33. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» и ССБТ ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL:

- <http://www.npmaap.ru/possnips/standpr/gost30494.html>., свободный. – Дата обращения: 15.04.2019г.
34. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://www.complexdoc.ru/ntdtext/579059>., свободный. – Дата обращения: 15.04.2019г.
35. ГОСТ 17.1.3.13–86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений.
36. ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения. – М.: Издательство стандартов, 1994. – 11 с.
37. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности инструменту [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_148963/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_148963/)., свободный. – Дата обращения: 23.04.2014 г.
38. ГОСТ 12.1.010–76. Взрывобезопасность. Общие требования. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 7 с.